



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

RIKU-JUSSI MÄKINEN
TIETOMALLIT RAKENNUSTUOTANNON OPETUSTOIMESSA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Kalle
Kähkönen

Tarkastaja ja aihe hyväksytty
25. syyskuuta 2017

TIIVISTELMÄ

RIKU-JUSSI MÄKINEN: Tietomallit rakennustuotannon opetustoimessa

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 71 sivua, 7 liitesivua

Joulukuu 2017

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennustuotanto

Tarkastaja: professori Kalle Kähkönen

Avainsanat: Tietomallinnus, tietomalli, rakennusprojektin kokonaisuuden hallinta, tietomallipohjainen korkeakouluopetus, päivittäinen työmaajohtaminen, tietomallipohjaiset mobiiliratkaisut, mobiililaitteet

Tämän diplomityön tarkoituksena on ymmärtää tietomalliperustaista rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaa. Oleellista on lisäksi sisäistää päivittäisen työmaajohtamisen ja siihen liittyvien tietomallipohjaisten mobiiliratkaisujen roolia osana tätä kokonaisuutta. Mobiililaitteet on rajattu älypuhelimiin ja tabletteihin.

Edellä mainittu päätavoite pyrittiin saavuttamaan kahden alatavoitteen kautta. Ensimmäisenä selvitettiin rakennushankkeen kokonaisuuden hallintaa koskevan tietomallipohjaisen korkeakouluopetuksen tilaa kansainvälisellä tasolla. Toiseksi pyrittiin selvittämään nykytilaa koskien päivittäisen työmaajohtamisen tietomalleihin pohjautuvia mobiilisovelluksia. Osatavoitteena tutkimuksella oli myös kehittää edellä käsiteltyjen tavoitteiden pohjalta harjoitustehtävä Tampereen teknillisen yliopiston rakennustuotannon ohjausta koskevalle kurssille. Tässä aiheena ovat päivittäistä työmaajohtamista tukevat tietomallipohjaiset mobiiliratkaisut.

Tutkimus oli luonteeltaan kvalitatiivinen. Se koostuu teoreettisen pohjan luovasta kirjallisuusosiosta sekä haastatteluihin painottuvasta tutkimusosasta. Tietomalliperustaista korkeakouluopetusta koskien haastateltiin opetushenkilöstöä. Lisäksi työmaajohtamisen tietomallipohjaisten mobiiliratkaisujen nykytilaa selvitettiin yritysysteistyön avulla. Tämä tapahtui haastattelujen kautta. Kaikki haastattelut olivat luonteeltaan teemahaastatteluita. Harjoitustehtävä ideoitiin haastatteluaineiston analysoinnin pohjalta yhdessä diplomityön ohjaajan kanssa.

Tutkimusten perusteella ihmiset, prosessit ja teknologia ovat keskeisessä roolissa rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnassa. Teknologia ja tässä tapauksessa tietomallintaminen toimii apuvälineenä yhteistyön, yhteisten toimintatapojen, vuorovaikutuksen ja läpinäkyvyyden parantamisessa, joita tarvitaan projektin onnistuneessa suorituksessa. Tietomallipohjaisella korkeakouluopetuksella pyritään kehittämään opiskelijoiden taitoja vastaamaan näitä tarpeita. Samat asiat ovat keskeisiä myös päivittäisessä työmaajohtamisessa. Tietomalleja hyödyntävät mobiilisovellukset tukevat vuorovaikutusta visuaalisuutensa avulla työnjohdon tehtävissä. Kurssille rakennustuotannon ohjaus luotu harjoitustehtävä kehittää ryhmätyöskentelytaitoja sekä tiedon jakamista opiskelijoiden välillä.

ABSTRACT

RIKU-JUSSI MÄKINEN: BIM-models in construction management education

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 71 pages, 7 Appendix pages

December 2017

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Construction management

Examiner: Professor Kalle Kähkönen

Keywords: Building Information Modeling, BIM-model, management of the whole construction project, BIM-based higher education, daily construction site management, BIM-based mobile solutions, mobile devices

The purpose of this thesis is to understand BIM-based management of building construction projects. In particular, it focuses on the role of daily construction site management and related BIM-based mobile solutions as part of this whole process. Here the mobile devices are limited to smartphones and tablet computers.

The main goal mentioned above was planned to be reached through two sub-goals. Firstly the state of international BIM-based higher education regarding the whole construction project management was investigated. Secondly the current state of daily construction site management using BIM-based mobile applications was studied. Additionally this research was targeting to create a course assignment for Tampere University of Technology's Construction Production Management course through above-mentioned goals. The subject for this exercise are those daily construction site managements BIM-model related mobile solutions.

The research was qualitative. It consists of theoretical foundation creating literature part and research part focusing on interviews. Regarding the BIM-based higher education, teaching staff were interviewed. In addition, the current state of construction site managements BIM-based mobile solutions was investigated through business cooperation. This happened through interviews. All the interviews in this thesis were semi-structured. The course assignment was developed based on the analysis of the interview based research data together with guidelines by the examiner of this thesis.

The research results are showing that people, processes and technology play a key role in construction project management. The BIM technologies can work as a tool for improving cooperation, common approaches, interaction and transparency which are needed in successful completion of the project. BIM-based higher education tends to develop students skills to meet those needs. The same things are central in daily construction site management. The BIM-based mobile applications are supporting interaction in site management's tasks through their visualizations. The developed course assignment for the Construction Production Management course can develop student's teamwork skills and information sharing between them.

ALKUSANAT

Diplomityön tekeminen on ollut varsin opettavainen prosessi. Sen tiimoilta suoritettut haastattelut sekä muut tutkimukset ovat kehittäneet muun muassa esiintymistaitoja sekä kriittistä ajattelua, joita tulevaisuuden työelämässä varmasti tarvitaan.

Suurimmat kiitokset haluan osoittaa professori Kalle Kähköselle mielenkiintoisesta ja ajankohtaisesta diplomityöaiheesta sekä erinomaisesta ja rakentavasta ohjauksesta tämän tutkimusprosessin aikana. Kaikille tutkimuksessa mukana olleille haastateltaville haluan myös osoittaa lämpimät kiitokset.

Lopuksi haluan kiittää vanhempiani tuesta tämän diplomityön aikana. Eikä unohtaa sovi myöskään opiskelun aikana luotuja ystävyssuhteita, jotka ovat olleet korvaamattomassa roolissa tämän tutkinnon suorittamisessa.

Tampereella, 29.12.2017

Riku-Jussi Mäkinen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta.....	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja tuotokset.....	1
1.3	Tutkimuksen rajaukset	2
1.4	Tutkimuksen suoritus ja raportin rakenne.....	3
2.	TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN RAKENNUSPROJEKTIN HALLINNASSA	5
2.1	Rakennusprojektin kokonaisuuden hallinta	5
2.2	Tietomallipohjainen ajattelu osana projektin hallintaa.....	7
2.3	Tietomallien hyödyntäminen.....	10
2.4	Mobiililaitteiden rooli tuotannonohjauksessa	11
3.	KANSAINVÄLINEN TIETOMALLEIHIN POHJAUTUVA KORKEAKOULUOPETUS	13
3.1	Opetuksen kansainvälisen nykytilanteen yleiskuvaus	13
3.2	Koulutuskehyksien luominen tietomallipohjaisen korkeakouluopetuksen kehittämiseksi	16
3.3	Tietomallien yhdistäminen rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan opetukseen.....	20
3.4	Käytännön haasteita tietomallintamisen yhdistämisessä opetukseen.....	25
4.	TIETOMALLIPOHJAISEN KORKEAKOULUOPETUKSEN NYKYTILAN SELVITYS.....	28
4.1	Tutkimusmenetelmän esittely	28
4.2	Tutkimuksen toteutus.....	28
4.3	Haastatteluaineiston koonti	29
4.3.1	Rakennusprojektin kokonaisuuden hallinta.....	30
4.3.2	Valmiiden tietomallien hyödyntäminen.....	33
4.3.3	Tietomallipohjainen rakennustuotannon opetus	35
4.3.4	Tulevaisuuden näkymät.....	40
5.	MOBIILILAITTEET JA TIETOMALLIT PÄIVITTÄISESSÄ TYÖMAAJOHTAMISESSA.....	42
5.1	Tutkimusmenetelmän esittely	42
5.2	Tutkimuksen toteutus.....	42
5.3	Haastatteluaineiston koonti	43
5.3.1	Mobiiliteknologian rooli yrityksissä Fira ja Skanska Oy.....	44
5.3.2	Päivittäinen työmaajohtaminen ja tietotekniikka.....	45
5.3.3	Työmaajohtamisen tietomallipohjaiset mobiiliratkaisut	46
5.3.4	Muut työmaajohtamisen mobiiliratkaisut.....	47
5.3.5	Kehityskohteet ja tulevaisuuden näkymät.....	48
6.	HAASTATTELUAINEISTON ANALYSOINTI JA TUTKIMUSTULOKSET ..	49
6.1	Rakennusprojektin kokonaisuuden hallinta	49

6.1.1	Projektin hallinta ja teknologia sen tukena.....	49
6.1.2	Päivittäminen työmaajohtaminen ja mobiililaitteet sen tukena.....	50
6.1.3	Päivittäinen työmaajohtaminen osana kokonaisuutta	52
6.2	Valmiiden tietomallien hyödyntäminen.....	53
6.2.1	Tietomallien hyödyntäminen kokonaisuuden hallinnan tukena	54
6.2.2	Tietomallien hyödyntäminen päivittäisessä työmaajohtamisessa .	55
6.2.3	Tietomallipohjaisten mobiiliratkaisujen rooli	56
6.3	Tietomallipohjainen rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan opetus..	57
6.3.1	Perusteet tietomallien käyttöönotolle opetuksen tueksi	57
6.3.2	Tietomallipohjaisen opetuksen yhdistäminen kokonaisuuden hallintaan.....	57
6.3.3	Nykytilanteen kuvaus.....	58
6.3.4	Haasteita ja ongelmia	59
6.3.5	Kehityssuuntaus	60
6.3.6	Tietomallipohjaisen korkeakouluopetuksen tavoite	61
7.	HARJOITUSTEHTÄVÄ KURSSILLE RAKENNUSTUOTANNON OHJAUS .	63
7.1	Harjoitustehtävä osana kurssin sisältöä ja tavoitteita	63
7.2	Harjoitustehtävän luominen	63
8.	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	66
8.1	Johtopäätökset	66
8.2	Tutkimuksen tavoitteiden toteutuminen ja luotettavuus	67
8.3	Jatkotutkimusehdotuksia	68
	LÄHTEET	69

LIITE A: HAASTATTELUIDEN SAATEKIRJE

LIITE B: HAASTATTELURUNKO

LIITE C: ENGLANNINKIELINEN HAASTATTELURUNKO

LIITE D: HAASTATTELURUNKO: MOBIILIT BIM-RATKAISUT

LIITE E: TOIMINTAOHJE HARJOITUSTEHTÄVÄLLE

LYHENTEET JA MERKINNÄT

Avoin ekosysteemi	Yritysten ja organisaatioiden tietojärjestelmissä oleva jalostamaton informaatio, johon on avoin pääsy organisaatioiden ulkopuolisilla
BIM	Building Information Modeling, rakennuksen tietomalli/ rakennuksen tietomallinnus
CAD	Computer-Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
Digitalisaatio	Digitaaliteknologian yhdistäminen jokapäiväiseen elämään digitoimalla kuvaa, ääntä, dokumenttia tai signaalia biteiksi ja tavuiksi kuvaamaan asioita ja tietosisältöä
Lean Construction	Lean rakentaminen, Toyotan tuotantoteoriasta rakennusallalle johdettu projektinjohtamismenetelmä, johon sisältyy kuvaus rakentamisen tuotantoprosessista
Mobiililaitte	Tässä diplomityössä mobiililaitteilla tarkoitetaan älypuhelimia ja tabletteja eli kosketusnäytöllisiä taulutietokoneita
Mobiiliratkaisu	Tässä diplomityössä mobiiliratkaisulla tarkoitetaan älypuhelin ja tablettipohjaisia ratkaisuja
Mobiilisovellus	Mobiiliapplikaatio, langattomasti mobiililaitteella hallittava sovellus, jota hyödynnetään sekä viestinnässä ja tiedonhallinnassa
Pintamalli	Digitaalisessa muodossa tallennettua kolmiulotteista todellista tai suunniteltua pintaa
Tietomallipohjainen	Tietomalliperustainen, eri tasoisiin tietomalleihin pohjautuva
Valmis tietomalli	Tässä diplomityössä valmiilla tietomalleilla tarkoitetaan eri taseisia jo luotuja tietomalleja
Wi-Fi	Kaupallinen nimitys WLAN-termille. WLAN on lyhenne sanoista Wireless Local Area Network. Tällä tarkoitetaan langatonta lähiverkkotekniikkaa, jolla erilaiset verkkolaitteet voidaan yhdistää ilman kaapeleita

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Rakennushankkeet muuttuvat koko ajan entistä monimutkaisemmiksi. Eri toimijoiden ja osapuolien määrä projekteissa lisääntyy jatkuvalla tahdilla. Hankkeet ovat tämän myötä entistä hankalampia hallita. Yhteisten toimintatapojen sekä yhteistyön ja kommunikaation merkitys ovat entistä suuremmassa roolissa.

Näiden asioiden parantamiseksi ratkaisuja ollaan hakemassa nimenomaan digitalisaation kehityksen kautta. Tietomallintaminen ja tietomallit ovat olleet osana suurimpia rakennusprojekteja jo pitkän aikaa, mutta pyrkimyksenä on tehostaa niiden hyödyntämistä, jotta rakennusprojektin hallinta kokonaisuutena parantuisi. Yhtenä osana ratkaisua ovat mobiililaitteet, joilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa älypuhelimia ja tabletteja. Tällä hetkellä on saatavilla useita maksullisia ja myös maksuttomia sovelluksia älypuhelimille ja tableteille helpottamaan työmaan projektinhallinnan eri toimintoja, mutta paletti on melko lailla hajanainen ja elää murrosvaihetta. Käyttö on yleistynyt viime vuosina, mutta tilanne vaatii päivitystä siitä, missä todella tällä hetkellä liikutaan koskien päivittäisen työmaaajohtamisen mobiileita tietomallipohjaisia ratkaisuja.

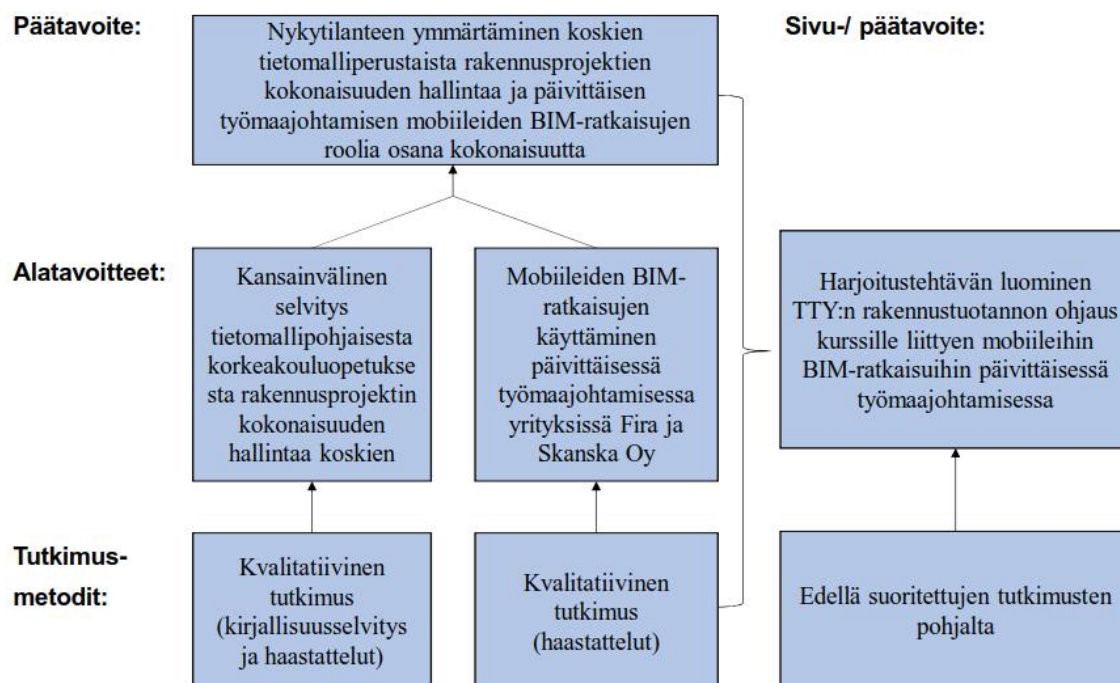
Edellä mainittu kehitys rakennusalaalla on vaikuttanut myös kansainväliseen tietomalliperustaiseen korkeakouluopetukseen ja nimenomaan tietomallien hyödyntämiseen projektin kokonaisuuden hallintaa koskien. Tampereen teknillinen yliopisto haluaa olla mukana kehityksessä ja tarvetta onkin luoda rakennustuotannon ohjaus kurssille harjoitustehtävä koskien päivittäisen työmaaajohtamisen tietomallipohjaisia mobiilisovelluksia.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tuotokset

Diplomityötutkimuksen tärkeimpänä tavoitteena on ymmärtää tietomalliperustaista rakennushankkeen kokonaisuuden hallintaa sekä päivittäisen työmaaajohtamisen ja siihen liittyvien mobiileiden tietomallipohjaisten ratkaisujen roolia osana kokonaisuutta.

Edellä mainitun tavoitteen saavuttamiseksi vaaditaan seuraavien alatavoitteiden toteuttamista. Ensimmäisenä on kansainvälinen selvitys perustuen kirjallisuuteen ja haastatteluihin tietomalleihin pohjautuvasta korkeakouluopetuksesta, joka koskee juuri rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaa. Toisena alatavoitteena on selvittää Fira ja Skanska Oy:n yritys yhteistyön avulla, mikä tilanne on tällä hetkellä mobiileiden tietomallipohjaisten ratkaisujen saralla päivittäisessä työmaaajohtamisessa.

Diplomityön sivutavoitteena on harjoitustehtävän tuottaminen Tampereen teknillisen yliopiston kurssille rakennustuotannon ohjaus. Aiheena ovat mobiilit tietomallipohjaiset ratkaisut työmaajohdon toimintojen tukena. Sivutavoitteeseen pääseminen edellyttää pää- ja alatavoitteiden saavuttamista, jotta riittävä ymmärrys oppimiskokonaisuuden luomiseksi on mahdollista. Tutkimuksen tavoitteet on esitetty kaaviomuodossa kuvassa 1.



Kuva 1. Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen konkreettisena tuotoksena on odotettavissa harjoitustehtävän aikaansaaminen rakennustuotannon ohjaus kurssille, kuten kuvan 1 tavoitteista havaitaan. Tiedollisena tuotoksena on odotettavissa selvitys tietomalliperustaisen korkeakouluopetuksen tilasta koskien rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaa. Tämän lisäksi luodaan selvitys päivittäisen työmaajohtamisen tietomalleja hyödyntävien mobiilisovellusten nykytilanteesta koskien älypuhelimia ja tabletteja. Näiden pohjalta primääreimpänä tiedollisena tuotoksena on ymmärtää tietomallintamiseen perustuvaa rakennushankkeen kokonaisuuden hallintaa yleisesti ja tietomallipohjaisten mobiiliratkaisujen roolia osana kokonaisuutta.

1.3 Tutkimuksen rajaukset

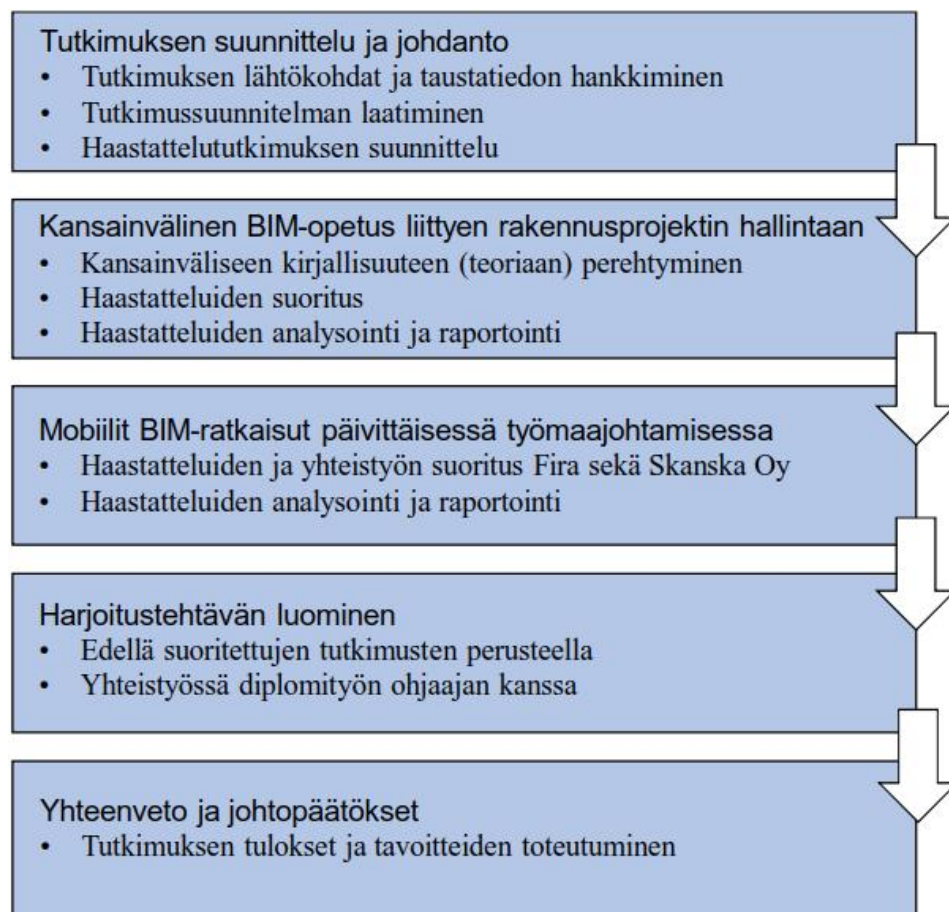
Tutkimus rajataan koskemaan nimenomaan mobiileita tietomalleja hyödyntäviin ratkaisuihin. Tarkoitus on käsitellä ja ymmärtää niiden nykytilaa nimenomaan rakennusprojektin hallinnan kokonaisuutta koskien ja keskittyen eritoten päivittäisen työmaajohtamisen näkökulmaan.

Kansainvälinen kirjallisuusselvitys tietomalliperustaisesta korkeakouluopetuksesta rajataan koskemaan nimenomaan valmiiden tietomallien hyödyntämistä kokonaisuuden hallinnan opetuksen tukena.

Oppimiskokonaisuuden ja siihen liittyvän harjoitustehtävän luominen tapahtuu edellä hankitun tiedon pohjalta kurssille rakennustuotannon ohjaus. Aiheen tulee käsitellä työmaajohtamisen mobiileita tietomallintamiseen liittyviä ratkaisuja. Harjoitustehtävän luominen tapahtuu yhdessä diplomityön ohjaajan kanssa.

1.4 Tutkimuksen suoritus ja raportin rakenne

Diplomityön tutkimusmetodina on kvalitatiivinen tutkimus, joka sisältää kirjallisuuskatsauksen ja haastattelututkimuksen. Tutkimuksen suorituksen eteneminen on kuvattu kuvassa 2.



Kuva 2. Tutkimuksen suoritus ja sen järjestys

Tutkimustyön suoritus noudattelee kuvan 2 mukaista järjestystä ja sisältöä. Diplomityön tutkimusten suunnittelun ja johdannon jälkeen siirrytään varsinaiseen ensimmäiseen aiheeseen, joka käsittelee tietomallien hyödyntämistä rakennusprojektin kokonaisuuden

hallinnassa. Seuraavana teorialuku käsittelee kansainvälistä tietomallipohjaista korkeakouluopetusta. Näillä teoriaosuuksilla on tarkoitus luoda teoreettinen perusta tutkimuksen etenemiselle kirjallisuuskatsauksen kautta.

Tutkimuksen seuraavassa vaiheessa käsitellään omissa luvuissaan tutkimusten toteutusta ja tavoitteita sekä kootaan yhteen niiden tiimoilta kerättyä tutkimusaineistoa. Ensimmäisenä keskitytään tietomallipohjaiseen korkeakouluopetukseen liittyen rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaan. Tämän jälkeen siirrytään tietomallien hyödyntämiseen työmaajohtamisessa mobiilisovelluksilla yritysyhteistyön kautta. Tutkimustulosten analysointi ja raportointi seuraavat omassa luvussaan näiden jälkeen.

Edellä mainittujen tutkimusten ja teoriaosuuksien pohjalta keskitytään päivittäisen työmaajohtamisen mobiileihin tietomallipohjaisiin ratkaisuihin pohjautuvan harjoitustehtävän luomiseen kurssille rakennustuotannon ohjaus. Pohjatietona esitellään kurssin nykyistä sisältöä, jonka yhteyteen oppimiskokonaisuus rakennetaan.

Lopussa on tutkimuksen yhteenvedon ja johtopäätösten vuoro. Lisäksi arvioidaan, kuinka oppimiskokonaisuuden luominen rakennustuotannon ohjaus kurssille onnistui.

2. TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN RAKENNUSPROJEKTIN HALLINNASSA

Tässä luvussa käsitellään valmiiden tietomallien hyödyntämistä rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnassa. Ensimmäisenä keskitytään rakennushankkeen hallintaan ja siihen mitä se pitää sisällään. Tämän jälkeen luodaan katsaus tietomallintamiseen osana tuotannonohjausta ja sitä seuraa alaluku tietomallien hyödyntämisestä. Luvun lopussa keskitytään mobiililaitteiden rooliin rakennusprojektin hallinnassa ja etenkin tuotannonohjauksen apuvälineenä työmaalla.

2.1 Rakennusprojektin kokonaisuuden hallinta

Rakentaminen perustuu projektitoimintaan, jolle on tyypillistä hanketasolla kertaluontoinen toiminta sekä osapuolten vaihtuminen jatkuvasti projektista toiseen. Aikaisempia kokemuksia ei ole mahdollista hyödyntää tehokkaasti, koska jokainen hanke suunnitellaan erikseen eri toteutusorganisaatiolla ja eri paikkaan. (Kankainen & Junnonen 2015) Kuvas-
sa 3 on esitetty rakennustoiminnan erityispiirteet verrattuna tehdasteollisuuden vas-
taaviin.

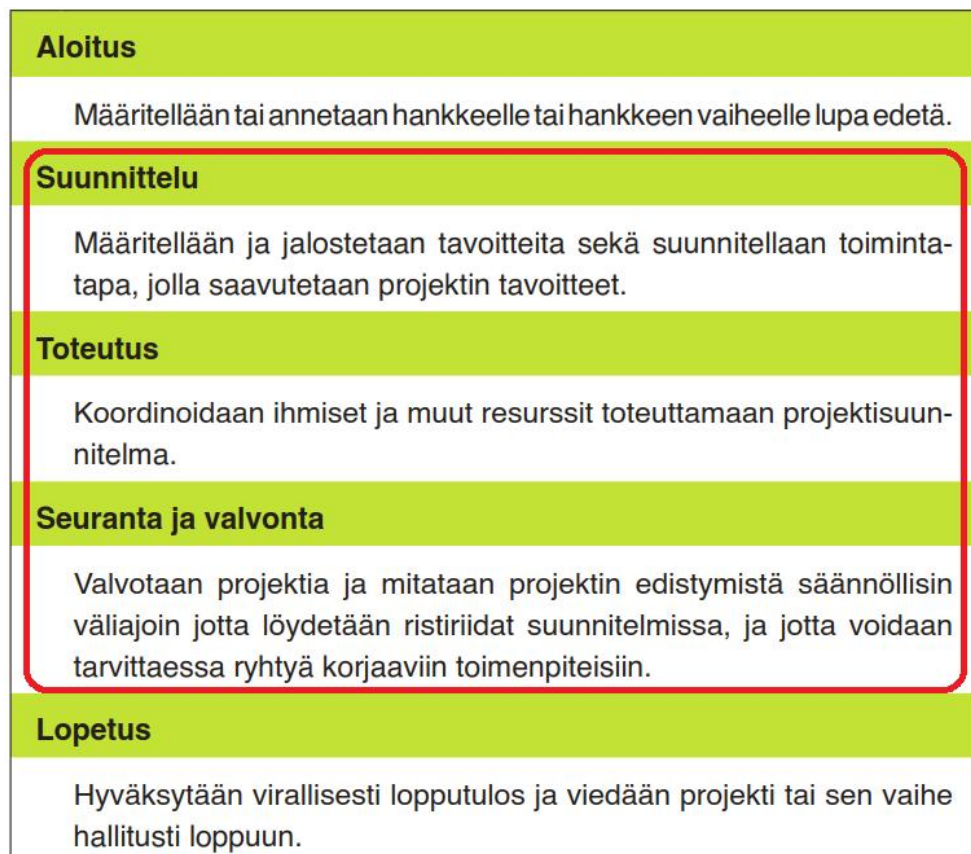
Tehdasteollisuus	Rakennustoiminta
Suunnittelun, tuotannon ja markkinoinnin päätäntä- valta yksissä käsissä.	<i>Päätäntä jakautunut rahoittajille, rakennutta- jalle, suunnittelijoille, paikallisille viranomaisille ja urakoitsijoille</i>
Suunnittelu- ja tuotantotiimien sekä alihankkijoiden vaihtuvuus on melko vähäistä ja myös näiden välillä on yhteistyötä.	<i>Suunnittelu- ja rakennustiimit kootaan jokaiseen hankkeeseen erikseen eivätkä osapuolet ole tot- tuneet toimimaan yhdessä.</i>
Toistuvuus ja standardointi ovat korkealla tasolla.	<i>Jokainen hanke suunnitellaan erikseen.</i>
Tyypillisen tuotteen tuottamiseen tarvitaan vähäinen määrä yksinkertaistettuja toimintoja.	<i>Tyypillisen rakennusprojektin toteuttamiseen tarvitaan suuri määrä käsityötä. Toiminta on työvoimavaltaisempaa kuin tehdasteollisuus.</i>
Kaikki toiminta suoritetaan yhdessä pysyvässä toimipaikassa.	<i>Toiminta hajoitettu useisiin tilapäisiin kohteisiin.</i>
Lyhyet valmistusajat ja suuret tuotantosarjat mah- dollistavat tuotteen jatkokehittelyn prototyyppien avulla.	<i>Pitkä rakennusprosessi ja jokaisen hankkeen ainutkertaisuus vaikeuttavat saatujen kokemus- ten ja palautteen hyödyntämistä jatkossa.</i>

Kuva 3. Rakennustoiminnan erityispiirteet (muokattu lähteestä Kankainen & Jun-
nonen 2015)

Projekti määritellään tehtäväksi työksi kertaluonteisen tuloksen aikaansaamiseksi, jonka onnistumista valvotaan projektinjohtomenettelyä käyttäen. Projektin muodostavat osate-
kijät ovat aika, kustannukset sekä resurssit. Nämä luovat rakennushankkeen toteutukselle
rajoitteet. Tavoitteet rakennushankkeelle muodostuvat laajuus- ja laatutasotavoitteista,

joiden taustalla ovat kustannusten ja esimerkiksi yhteiskunnallisten vaikutusten asettamat vaatimukset. (Kankainen & Junnonen 2015)

Projektin hallinta ja johtaminen ovat tietojen, taitojen, välineiden ja tekniikoiden soveltamista projektin toimintaan niin, että se täyttää projektille asetetut vaatimukset. Projektin hallinta tapahtuu soveltaen prosesseja, jotka on lajiteltu viiteen prosessiryhmään. (Project Management Institute 2013) Prosessiryhmät on kuvattu kuvassa 4.



Kuva 4. Viisi projektin hallinnan prosessiryhmää (muokattu lähteestä Koskenvesa & Sahlstedt 2011)

Koskenvesa & Sahlstedtin (2011) mukaan prosessiryhmien välillä on riippuvuuksia ja niiden suoritus tapahtuu samassa järjestyksessä jokaisessa hankkeessa. Kuvasta 4 on korostettu ympyröimällä suunnittelun, toteutuksen sekä seurannan ja valvonnan ryhmät. Nämä prosessiryhmät muodostavat oleellisen rungon rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnalle.

Projektinhallinnan prosessit on vaihtoehtoisesti jaoteltu edellä käsiteltyjen prosessiryhmien lisäksi yhdeksään osaamisalueeseen. Rakennusprosesseissa tarvitaan näiden lisäksi vielä neljä aluetta, jotka ovat turvallisuus, ympäristö, talous sekä korvausvaatimukset. Kaikki nämä osaamisalueet muodostavat yhdessä rungon ohjausjärjestelmälle. Seuraavassa on luettelon muodossa esitetty nämä yhdeksän osaamisaluetta, jotka pohjautuvat

Project Management Body of Knowledge, PMBOK Guide projektinhallinnan oppaaseen: (Koskenvesa & Sahlstedt 2011)

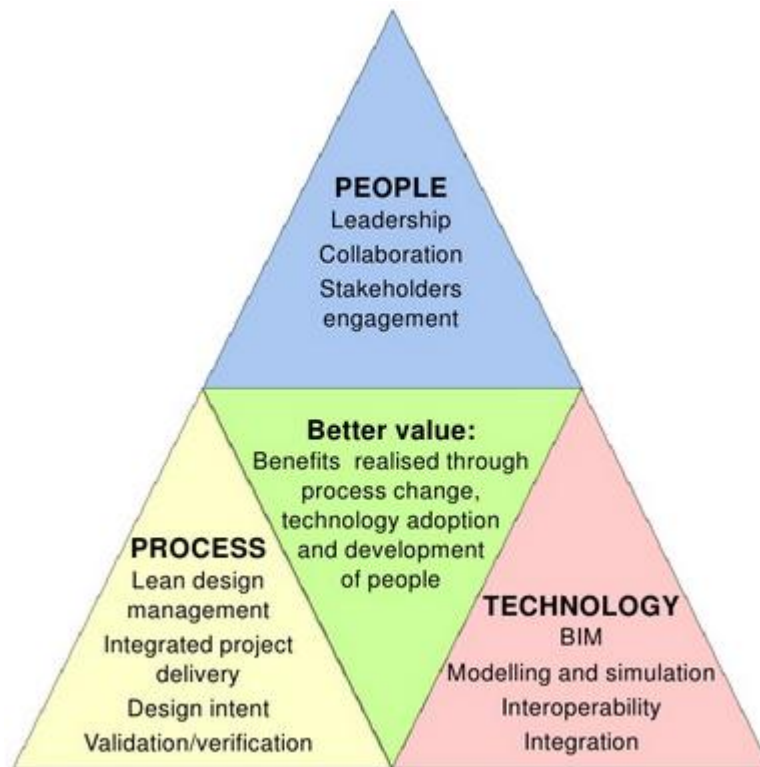
- Projektin kokonaisuuden hallinta
 - Projektin laajuuden hallinta
 - Projektin ajallinen hallinta
 - Projektin kustannusten hallinta
 - Projektin laadunhallinta
 - Projektin henkilöstöjohtaminen
 - Projektin viestinnän hallinta
 - Projektin riskien hallinta
 - Projektin hankintojen hallinta

Edellä luetellut osaamisalueet sisältävät tarvittavat projektinhallintaprosessit. Esimerkkinä ”projektin ajallinen hallinta” sisältää ”aikataulun hallinnan” prosessin, joka puolestaan koostuu omista tehtävistä kuten lähtötiedoista sekä välineistä ja tekniikoista. Tarkoituksena näillä projektinhallinnan prosesseilla on varmistaa rakennusprojektin sujuva eteneminen alusta loppuun soveltaen välineitä ja tekniikoita. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011)

Rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaan on olemassa paljon erilaisia toimintatapoja. Tietomallintaminen tarjoaa yhden systemaattisen tavan toimia hankkeen eri osapuolille. Tätä käsitellään tarkemmin seuraavassa.

2.2 Tietomallipohjainen ajattelu osana projektin hallintaa

Tietomallipohjaisella ajattelulla on paljon yhteistä Lean-filosofiaan perustuvan ajattelun kanssa. Ihmiset, prosessi ja teknologia ovat kummasakin tapauksessa keskiössä. Yhteisiä pyrkimyksiä ovat virheiden eliminoiminen, ajankäytön tehostaminen, kustannuksissa säästäminen sekä asiakastyytyväisyyden parantaminen ilman tinkimistä laadusta ja asiakkaiden vaatimuksista. Tavoitteiden täyttymiseen vaaditaan kuitenkin edellä mainittujen kolmen osa-alueen toimiminen tasapainossa keskenään. (Jäväjä & Lehtoviita 2016) Kuvassa 5 on esitetty Lean-tuotantojärjestelmän osa-alueet osana tietomallintamista.



Kuva 5. Ihmiset, prosessi ja teknologia osana tietomallintamista (Kiviniemi 2012)

Kuvasta 5 havaitaan, kuinka teknologia on vain yksi osa rakentamisen tietomallia ja tietomallintamista. Yhdessä prosessin sisältämien tehtävien ja tehtäväketjujen sekä ihmisten yhteistyön ja vuorovaikutuksen kautta maksimoidaan tietomallipohjaisen ajattelun hyödyt. Tietomallit ja tietomallintaminen tulisivatkin nähdä kaiken keskiössä apuvälineinä suuremman kokonaisuuden hallitsemisessa, kuten Jäväjä & Lehtoviita (2016) kirjassaan esittävät.

Edellisessä luvussa käsiteltiin projektinhallinnan prosesseja yhdeksän PMBOK osaamisalueen kautta. Rokooei (2015) käsittelee omassa julkaisussaan, kuinka tietomallintamisen tarjoamat ominaisuudet rakennusprojektissa vastaavat näitä osaamisalueita luonteensa ja roolinsa puolesta. Tämän vuoksi tietomallia ja tietomallintamista voidaan pitää tehokkaana ja voimakkaana työkaluna rakennusprojektin hallinnassa. Kuvassa 6 havainnollistetaan tätä asiaa.

PMBOK		TIETOMALLINTAMINEN
Kokonaisuuden hallinta	< = >	IPD (Integrated Project Delivery)
Laajuuden hallinta	< = >	Eri elementeistä koostuva ympäristö
Ajallinen hallinta	< = >	4D
Kustannusten hallinta	< = >	5D
Laadunhallinta	< = >	Yhteentörmäysten havainnointi
Henkilöstöjohtaminen	< = >	Yhteistyö
Viestinnän hallinta	< = >	Viestintä
Riskien hallinta	< = >	Rakennettavuus
Hankintojen hallinta	< = >	Määräluettelot

Kuva 6. PMBOK projektinhallinnan osaamisalueet ja vastaavat tietomallintamisen tarjoamat ratkaisut näihin. (muokattu lähteestä Rokooei 2015)

Integrated Project Delivery on Lean-ajattelun mukana tuoma työkalu rakennusprojektin johtamiseen (Koskenvesa & Sahlstedt 2011). Sen perimmäisenä tarkoituksena on yhdistää projektin dokumentit ja suoritukset kaikkien osapuolten kesken. Tietomallintaminen toimii tässä tapauksessa yhdistävänä tekijänä dokumenttien, suunnitelmien ja suoritusten sekä tehtävien suhteen kaikkien projektin osapuolien kesken.

4D-teknologiasta puhutaan, kun tietomalliin on lisätty aikataulutietoa. 5D-teknologiasta puolestaan, kun kustannukset otetaan mukaan ajallisen tiedon lisäksi. Nämä mahdollistavat projektiin liittyvää ajallista ja kustannusten hallintaa. Kolmiulotteisuus auttaa hahmottamaan rakenteita ja materiaaleja suhteessa muuhun kokonaisuuteen. Tätä kautta tietomalli tarjoaa hyvän mahdollisuuden häiriöiden ja yhteentörmäysten havaitsemiseen. Lisäksi laajuuden-, hankintojen- ja riskien hallinta helpottuu. (Lee et al. 2013)

Projektin eri osapuolten kokoama yhdistelmämalli, johon on yhdistetty eri suunnittelu-alojen 3D-tietomalleja samassa koordinaatistossa, toimii kokonaisuuden hallinnan koordinoivana välineenä eri vaiheissa rakennusprojektia. Näin ollen tietomallia voidaan pitää kokonaisuuden hallinnan ja samalla projektin johtamisen apuvälineenä. (Jäväjä & Lehtoviita 2016; Rokooei 2015)

Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osassa 11 ”Tietomallipohjaisen projektin johtaminen” korostetaan samoja asioita liittyen projektin johtamiseen. Tietomallintamisen käyttö vaikuttaa rakennushankkeen läpivientiin, kuten organisointiin, vaiheistukseen, aikatauluun sekä koordinointiin. Tämä vaatii osapuolten välillä kehittynyttä yhteistyötä, aktiivista tiedonkulkua ja vuorovaikutusta. Lisäksi tuodaan esiin, kuinka tietomallinnus ei ole itsessään itseisarvo vaan se on apuväline hankkeen seuraamiselle tavoitteiden toteutumisen osalta ja parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi. (COBIM 2012a)

2.3 Tietomallien hyödyntäminen

Edellä käsiteltiin tietomallintamisen roolia yleisenä kokonaisuuden hallinnan ja projektin johtamisen välineenä. Valmiista tietomallista saatavia hyötyjä rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnan eri osa-alueisiin on lueteltu seuraavassa: (Jäväjä & Lehtoviita; Roikoo 2015; COBIM 2012b)

- Eri elementeistä koostuvan tietomallin paloitteleminen pienemmiksi objekti kokonaisuuksiksi auttaa projektin laajuuden hahmottamisessa ja tätä kautta hallinnassa
- Lisäämällä ajallista tietoa 3D pohjaiseen tietomalliin rakennetaan 4D-malli aikataulusuunnitteluun ja seurantaan
- Edelliseen kustannustietoa lisäämällä saadaan 5D-malli kustannusten hallinnan apuvälineeksi
- Visuaalisuus on edelleen tärkein mallien hyödyntämistapa. Havainnollistamista on mahdollista hyödyntää tuotannonsuunnittelussa ja –ohjauksessa, työjärjestyksen suunnittelussa ja yhteensovittamisessa. Lisäksi yhdistelmämallista havaitaan mahdolliset riskit ja yhteentörmäykset rakenteissa
- Valmis malli auttaa toimenpiteiden koordinoinnissa ja tietojenvaihdossa
- Määräluettelot ja määrälaskenta tietomallista auttavat hankintojen ja tuotannonsuunnittelussa
- Jatkuvasti päivitettävää 3D-mallia on mahdollista hyödyntää toteumatilanteen havainnollistamisessa
- Työmaan alue- ja turvallisuussuunnittelu voi pohjautua tietomalleihin
- Malleista saatavaa rakenteiden sijaintitietoa on mahdollista siirtää työmaalla käytettäviin mittalaitteisiin

On selvää, että tietomallien tarjoamat edut rakennusprojektin hallintaan ovat erittäin suuret. Mahdollisimman suuren hyödyn saavuttaminen vaatii kuitenkin tiettyjä perusedellytyksiä hankkeen eri osapuolilta ja tietotekniikan osalta. Seuraavassa on lueteltu muutamia oleellisia seikkoja: (Jäväjä & Lehtoviita 2016; COBIM 2012b)

- Tilaajan tulee asettaa selkeät raamit ja tavoitteet tietomallintamiselle rakennushankkeessa
- Suunnittelijoiden mallien tulee vastata tiedolliselta sisällöltään rakennustuotannon tarpeita eri vaiheissa hanketta
- Suunnittelijoiden mallien ja niiden pohjalta koottujen yhdistelmämallien laadun varmistaminen pitää olla jatkuvaa koko hankkeen ajan
- Päivitettyjen mallien täytyy olla urakoitsijoiden käytettävissä hankkeen eri vaiheissa
- Rakennustuotannon toimijoiden, kuten esim. työmaajohdon tulee hallita ohjelmistojen käyttö omia tarpeita vastaavalla tasolla

- Erilaiset laiteympäristöjen, kuten työasemien, kannettavien tietokoneiden ja mobiililaitteiden käyttö tulee hallita
- Työmaan toimistotilojen tulee mahdollistaa tietomallien tarkastelu tuotannonohjausta ja johtamista varten
- Laitteistoja tulee olla tarpeeksi, kuten tietokoneet, mobiililaitteet, näytöt sekä dataprojektorit ja niiden tulee olla riittävän suorituskykyisiä

Edellä luettelossa mainittiin mobiililaitteet yhtenä vaatimuksena tietomallien hyödyntämiselle työmaalla. Tabletit ja älypuhelimet ovat nykypäivää yleisessä käytössä ja kaikkea niiden tarjoamaa potentiaalia ei ole vielä pystytty hyödyntämään rakennusprojekteissa.

2.4 Mobiililaitteiden rooli tuotannonohjauksessa

Mobiiliteknologiaan pohjautuvat sovellukset ja palvelut ovat kovaa vauhtia yleistymässä rakennusalalla. Mobiiliteknologian kehittymisen myötä mobiililaitteiden käyttö on lisääntynyt myös muihin tarkoituksiin kuin viestintään. Rakennushankkeiden henkilöstöllä on perinteisesti ollut hankaluuksia päästä käsiksi tietojärjestelmiin työmaalta, mutta mobiililaitteet ovat tarjonneet tähän hyvän ratkaisun. Mobiiliteknologian avulla rakennusprojektien tietoihin on helppo päästä sijainnista riippumatta. Henkilökohtainen mobiililaitte onkin tätä myötä noussut olennaiseksi välineeksi rakennustyömaiden tuotannonohjauksessa. (Korvenpää 2017)

Useita maksullisia ja maksuttomia sovelluksia on tällä hetkellä saatavilla mobiililaitteille liittyen projektin eri toimintojen helpottamiseen. Esimerkiksi kohteen luovutukseen liittyvät sähköiset puutelistat tekevät puutteiden korjaamisesta tehokasta ja korjausten etenemisen valvonnasta helppoa, koska ne ovat ajantasaisina kaikkien nähtävillä jatkuvasti. Aliurakoitsija kuittaa virheen korjaamisen tehdyksi ja tieto välittyy pääurakoitsijalle, joka voi käydä tarkastamassa asian. Sovellus antaa automaattisesti muistutuksen urakoitsijalle, mikäli virhettä ei ole korjattu määräaikaan mennessä. (Jäväjä & Lehtoviita 2016)

Lisäksi työturvallisuusmittaukseen eli TR-mittauksen raportointiin ja tulosten laskemiseen on saatavilla useita sovelluksia. Muita mobiililaitteiden käyttötarkoituksia ovat työtuntien kirjaaminen, asianomaisten henkilöiden yhteiskäytössä olevat kalenterit logistisia toimenpiteitä, kuten nostoaikatauluja varten sekä esimerkiksi piiloon jäävien asennusten ja rakennusosien dokumentointi valokuvaamalla. (Jäväjä & Lehtoviita 2016)

Edellä mainittujen lisäksi myös tietomallien katseluun ja pyörittämiseen on saatavilla joitakin mobiilisovelluksia, mutta tarjonta ja ominaisuudet ovat vielä hyvin vähäisiä. Vaikka tällä hetkellä ohjelmistoja eri toimintojen helpottamiseksi onkin lukuisia, ei se tarkoita, etteikö uusien ja nykyisten sovellusten kehitykselle olisi tarvetta. Seuraavassa yksi esimerkki esille tulleesta kehityskohteesta uudelle tai jo olemassa olevalle tietomallipohjaiselle sovellukselle.

Tietomallipohjaisten ohjelmistojen käyttö on arkipäivää suunnittelussa ja työmaillakin sen käyttö on merkittävästi lisääntynyt, jossa se on korvaamassa perinteisten 2D-piirustusten käytön. Ongelmana on tietomallin hankala käyttö siellä missä varsinainen rakentaminen tapahtuu, eli rakennettavassa kohteessa. Mallin sujuva käyttö vaatii paljon osaamista, laajakaistayhteydet, tehokkaan kannettavan tietokoneen ja suuren näytön, jos sitä katsellaan suuremmalla joukolla. Tämä rajaa tietomallin käytön helposti pelkkään työmaatoimistoon, jonne kaikki tärkeä tieto jää. Tietomalli on erinomainen tapa visualisoida työmaan tapahtumia, kuten esimerkiksi töiden etenemistä kohteessa, koska malli sisältää kaikki elementit. Ongelmaksi muodostuu se, että ei saada tarpeeksi tietoa kerättyä itse työntekijöiltä, vaikka rajapinnat ovatkin jo olemassa, joilla tiedon saa itse tietomalliin sekä työkalut tietomalliohjelmistoissa asioiden visualisointiin. Yksi ratkaisu edellä mainittuihin ongelmiin olisi kehittää mobiiliapplikaatioita, joiden avulla tieto olisi mahdollista viedä rakennettavan kohteen kerrokseen työntekijöille ja saada tätä kautta kuittaus-tieto takaisin malliin työmaatoimiston käytettäväksi.¹

Edellä mainitun lisäksi haasteena olisi kehittää toimiva ja kattava mobiilisovellus, joka ei keskity pelkästään yhden tehtävän suorittamiseen. Tällaisella sovelluksella olisi potentiaalia tulla laajempaan käyttöön eri rakennushankkeiden toteutusvaiheessa. Toki yksittäiseen tehtäväänkin keskittyvät sovellukset ovat tärkeitä työmaan tuotannonohjauksessa, mutta niiden kokonaisvaltainen käyttöaste jää helposti vajaaksi. (Korvenpää 2017)

Tomi Korvenpää (2017) on lisäksi selvittänyt omassa diplomityötutkimuksessaan, mobiililaitteiden käytön vaatimuksia rakennusalalla. Tutkimuksesta ilmenee, kuinka mobiilipohjaisten ratkaisujen käyttöönotto perustuu rakennusalalla laitteistojen ja sovellusten helppokäyttöisyyteen, luotettavuuteen, edullisuuteen sekä riittäviin ominaisuuksiin, jotta se täyttää tehokkaasti työlle asetetut vaatimukset. Etenkin helppokäyttöisyys on olennaista, jotta henkilöstö kykenee oppimaan sovelluksen käytön nopeasti. Lisäksi selviää, että mobiiliverkon toimivuus on suuressa roolissa. Tämä tarkoittaa toimivaa langatonta yhteyttä työmaalle.

Yhteenvetona voisi todeta, että mobiililaitteet ja –sovellukset ovat tulleet jäädäkseen tuotannonohjauksen tueksi. Paljon on kuitenkin vielä kehitettävää, niin sovellusten, tekniikan kuin yhteisten toimintatapojen osalta, jotta kaikki hyöty mobiiliteknologian tarjoamista mahdollisuuksista saadaan irti.

¹ Fira Oy:n ja Kampusklubin 19.5.2017 järjestämän Living Lab tilaisuuden taustamateriaalista liittyen rakennustyömaiden digitalisointiin.

3. KANSAINVÄLINEN TIETOMALLEIHIN POHJAUTUVA KORKEAKOULUOPETUS

Tietomallinnuksesta on tulossa enenevässä määrin yleinen prosessi ja teknologia rakennusprojektin hallinnassa ja johtamisessa. Tätä hyödynnetään etenkin kokoluokaltaan suurissa ja monimutkaisissa projekteissa, joissa kyky linkittää tietoa visuaalisesti näyttävään 3D-malliin voi auttaa ratkaisemaan suunnitteluun, kustannuksiin, aikatauluun ja rakennettavuuteen liittyviä asioita kokonaisvaltaisella tavalla. (Puolitaival & Forsythe 2016)

Tietomallipohjaisen projektin toteuttaminen vaatii uudenlaista ammattitaitoa ja pätevyyttä kaikilta toimijoilta verrattuna perinteiseen rakennusprojektiin. Rakennusprojektin johtaminen tällaisessa projektissa edellyttää puolestaan 3D-mallin käsittely ja tarkastelu taitoja sekä ennen kaikkea ymmärrystä tietomallipohjaisista rakentamisen ohjaus menetelmistä. Tämä asettaa selvän tarpeen rakennustuotannon opiskelijoille ymmärtää enemmän tietomallinnuksen tarjoamista mahdollisuuksista. (Puolitaival & Forsythe 2016)

Lehtoviita (2017) kuvaa blogi-kirjoituksessaan ”Mitä on tarvittava tietomalliosaaminen rakennusosalalla?”, kuinka tietomallinnuksen laajentuminen aiheuttaa entistä enemmän tarvetta alan osaajille rakennushankkeen eri vaiheisiin ja tehtäviin. Hankkeen eri osapuolilta vaadittavan erityisosaamisen lisäksi tietomalliprosessin, mallien tarjoamien mahdollisuuksien ja kokonaisuuden ymmärtäminen sekä soveltaminen ovat tärkeitä ja oleellisia tekijöitä kaikille osallisille. Edellä mainitut seikat luovat tarvetta kehittää tietomallipohjaista koulutusta alan oppilaitoksissa. (Lehtoviita 2017)

3.1 Opetuksen kansainvälisen nykytilanteen yleiskuvaus

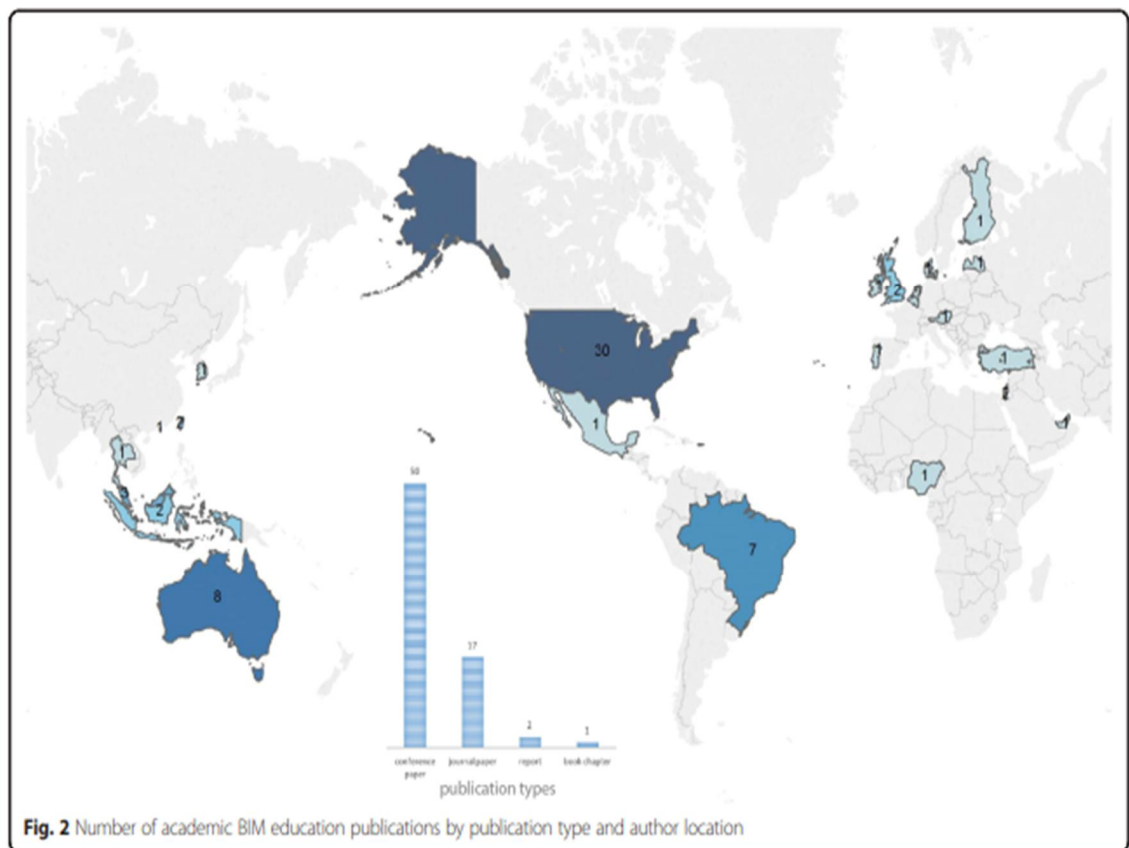
Tietomalleihin pohjautuvan opetuksen nykytilanteesta maailmanlaajuisesti on melko vähän tietoa saatavilla, mutta joitakin tutkimuksia aiheesta on tehty parin viimeisen vuoden aikana. Hiljattain NATSPEC, voittoa tuottamaton australialainen yritys, julkaisi päivitetyn raportin tietomallintamisen tietoisuudesta ja omaksumisesta maissa, kuten Yhdysvallat, Kanada, Tšekki, Suomi, Hollanti, Norja, Iso-Britannia, Etelä-Afrikka, Kiina, Hong Kong, Singapore, Japani, Uusi-Seelanti ja Australia (Rooney 2017).

Tutkimuksesta ilmenee, että tietomallipohjainen opetus ja sen ymmärtäminen ovat eri toteutuksen tasoilla eri puolilla maailmaa. Lisäksi tutkimus paljastaa kuinka suurin osa opetuksesta on edelleen itse tietomalleihin perustuvien ohjelmien opetusta. NATSPEC:in julkaisu korostaa avoimeen tietomalliin, tietomalliin perustuvan johtamisen sekä niiden yhteistyöhön pohjautuvan työskentely ympäristön tarvetta opetuksessa. (Rooney 2017)

Tätä korostavat myös Shelbourn et al. (2016). Heidän tutkimuksessaan todetaan, kuinka suurin osa yliopistoista Yhdysvalloissa, Euroopassa ja Australiassa opettavat muun muassa arkkitehtuuria ja insinööritieteitä omissa yksiköissään ilman suurempaa yhteistyötä näiden välillä.

NATSPEC:in tekemä tutkimus ei kuitenkaan täysin onnistu kuvaamaan tietomallipohjaisen opetuksen tilaa ja tietoisuutta eri maissa. Tähän vaikuttaa osittain se, että se perustuu maailmanlaajuiseen ryhmään tietomallinnuksesta kiinnostuneita osapuolia. (Badrinath et al. 2016)

Badrinath et al. (2016) käyvät lävitse ja analysoivat omassa tutkimuksessaan 70 tietomallipohjaiseen opetukseen pohjautuvaa julkaisua 24:stä eri maasta aikavälillä 2010-2016. Tutkimukseen päätyneet julkaisut valikoituivat seuraavanlaisten avainsanojen avulla: ”Akateeminen tietomalleihin pohjautuva opetus”, ”tietomallipohjainen opinto-ohjelma” sekä ”tietomallipohjainen kurssi”. Hakukoneina toimivat muun muassa Google, Scholar ja Scopus. (Badrinath et al. 2016) Kuvasta 7 ilmenee julkaisujen sijoittuminen eri maiden ja maanosien välillä.



Kuva 7. Akateemiset tietomallipohjaiseen opetukseen liittyvät julkaisut 2010-2016 (Badrinath et al. 2016)

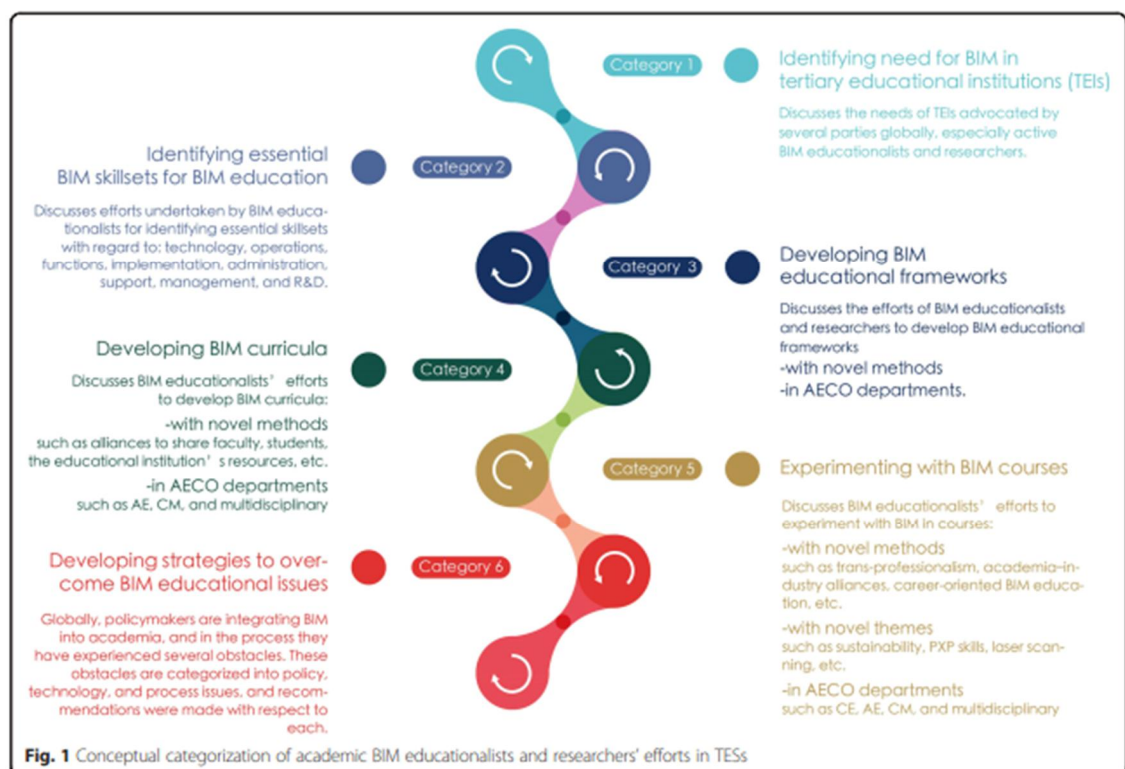
Kuvasta 7 havaitaan, kuinka suurin osa tietomallintamiseen liittyvään opetukseen perustuvista julkaisuista on tullut Yhdysvalloista (30 kpl), Australiasta (8 kpl) ja Brasiliasta (7

kpl). Euroopasta (10 kpl) ja Aasiasta (9 kpl) julkaisuja on ilmestynyt suurin piirtein saman verran.

Toisaalta pelkkä julkaisujen määrä ei kerro kaikkea tietomallintamiseen liittyvän opetuksen tietoisuudesta ja ymmärryksestä. Esimerkiksi Isosta-Britanniasta on ilmestynyt edellä mainitulla aikavälillä vain kaksi akateemista julkaisua aiheeseen liittyen, huolimatta hallituksen julkistamasta tietomallintamista koskevasta vuoteen 2016 ulottuneesta toimeksiantosuunnitelmasta, joka vaatii akateemisen tietomallipohjaisen opettamisen ja koulutuksen lisäämistä ja kehittämistä. (Badrinath et al. 2016)

Badrinath et al. (2016) havaitsivat tutkimuksessaan, että lähes puolet (30 kpl) 70:stä julkaisusta on julkaistu vuonna 2015. Tämä kertoo sen, että vasta hiljattain tietomalleihin perustuvan opetuksen tärkeys ja tarve on tunnistettu maailmanlaajuisesti.

Kirjallisen ja sisällöllisen analyysin perusteella 70 julkaisua läpikäynyt tutkimus tuotti kuusi käsitteellistä kategoriaa, jotka kuvastavat tutkittujen julkaisujen esiin nousseita aiheita tietomallipohjaiseen opetukseen liittyen (Badrinath et al. 2016). Kuvassa 8 on esitetty nämä kategoriat.



Kuva 8. Kuusi esiin nousutta kategoriaa akateemisista tietomallipohjaista opetusta koskevasta julkaisuista (Badrinath et al. 2016)

Badrinath et al. (2016) mukaan tietomallintamisen kanssa tekemisissä olleet opetusalan ihmiset sekä tutkijat ovat omissa tutkimuksissaan selvittäneet seuraavia asioita seuraavassa aikajärjestyksessä:

- Miksi tarvitaan tietomallipohjaista opetusta korkeakouluissa (kategoria 1)
- Mitä opettaa akateemisessa tietomalleihin pohjautuvassa opetuksessa (kategoria 2)
- Kuinka kehittää akateemista tietomallipohjaista opetusta eri tasoilla, kuten koulutuskehys, opetusohjelma ja kurssi tasolla (kategoriat 3-5)
- Kuinka ratkaistaan tietomallipohjaiseen opetukseen liittyviä haasteita ja ongelmia (kategoria 6)

Kategoriat kertovat hyvin tietomallipohjaisen opetuksen kehittymisestä ja tilanteesta kansainvälisesti. Tällä hetkellä on olemassa jo jossain määrin taustatietoa ja kokemuksia tietomallien lisäämisestä opetusohjelmaan ja kurssien sisältöön sekä erilaisten koulutuskehysten luomisesta ja kehittämisestä. Seuraava askel olisikin ratkaista näihin liittyvät ongelmat ja haasteet. Se mahdollistaisi tietomallipohjaisen korkeakouluopetuksen kehityksen seuraavalle asteelle.

Edellä käsiteltiin tilannetta maailmanlaajuisella otannalla. NATSPEC'in tutkimuksesta selviää myös, että yliopistot ja ammattikorkeakoulut Suomessa tarjoavat tietomallipohjaista opetusta. Kaikki nykyiset rakennustekniikan ja arkkitehtuurin opiskelijat opiskelevat tietomallintamista jossain määrin. (Rooney 2017)

Tietomallintamiseen liittyvän koulutuksen ja opetuksen tilanne elää vahvaa murrosvaihetta niin Suomessa kuin muuallakin maailmalla. Tämä käy hyvin ilmi Timo Lehtoviidan (2017) kirjoittamasta blogi-kirjoituksesta. Lehtoviita kertoo kirjoituksessaan, kuinka Building SMART Finlandin koulutus-toimialaryhmässä on käynnistetty henkilökohtaisen tietomalliosaamisen määrittelyä eri tehtäväaloittain, kuten suunnittelijat, rakennuttajat ja työnjohtajat. Tätä on tarkoitus vauhdittaa myös erillisellä kehityshankkeella. Lehtoviita kuvaa lisäksi, kuinka tämä määrittelytyö antaa hyvän pohjan erilaisille tietomallikoulutuksille ja sen merkitys tulee olemaan suuri tietomalliosaamistavoitteiden asettamisessa opetussuunnitelmiin insinööri-, rakennusmestari-, rakennusarkkitehti- ja arkkitehtikoulutuksen osalta.

3.2 Koulutuskehysten luominen tietomallipohjaisen korkeakouluopetuksen kehittämiseksi

Edellisestä alaluvusta käy jo hyvin ilmi, että akateemisen tietomallipohjaisen opetuksen kehittäminen ei koske pelkästään tietomallintamisen ja tietomallien lisäämistä jo valmiiksi olemassa olevien kurssien ja opetusohjelmien sisältöön. Kansainvälisellä tasolla suunnitellaan ja kehitetään sekä on otettu jo jossain määrin käyttöön koulutuskehys, kuinka tietomallintamista opetetaan ja hyödynnetään eri vaiheissa akateemista koulutusta ja sen opetusohjelmia. Badrinath et al. (2016) mukaan esimerkiksi Australiassa ja Brasiiliassa tietomallintamisen opetusalan ihmiset ovat tutkineet menetelmiä koulutuskehysten kehittämiseksi.

Puolestaan Isossa-Britanniassa hallitus julkisti vuoteen 2016 asti ulottuneen tietomallintamisen toimeksiantosuunnitelman koskien koko rakennusteollisuutta ja sen tuottavuuden parantamista. Tämä aiheutti suuren tarpeen akateemiselle tietomallipohjaiselle opetukselle ja koulutukselle, jonka ansiosta kansallinen organisaatio the BIM Academic Forum UK ryhtyi tukemaan ja edistämään akateemista tietomallintamiseen pohjautuvaa opetusta. (Badrinath et al. 2016; The Higher Education Academy 2013)

Kyseisen organisaation työpajan ryhmäistuntojen perusteella esiteltiin päämääriä oppimistuloksille korkeakouluissa opiskeleville eri vuosikurssien tasolla. *Ensimmäistä vuotta opiskelevilla* tärkeimmäksi päämääräksi asetettiin asiayhteyden ja taustan tarjoaminen, miksi kyseinen muutos teollisuudessa on käynnissä ja miten se eroaa aiemmin vallalla olleesta tavasta toimia. Tämä pitää sisällään muun muassa ymmärrystä siitä, kuinka rakennusteollisuus toimii sekä mikä rooli kullakin osapuolella ja toimijalla on hankkeiden toteuttamisessa ja kuinka ne ovat sidoksissa toisiinsa. Yhteistyön merkityksen korostaminen on tässä vaiheessa avainasemassa. (The Higher Education Academy 2013)

Seuraavassa vaiheessa eli toisen vuosikurssin tasolla tavoitteena on kehittää opiskelijoiden tietoa ja ymmärrystä tietomallintamiseen liittyvistä käsitteistä ja sen roolista osana yhteistyölähtöistä toimintatapaa toimintaketjussa. Opiskelijoiden tulisi ymmärtää mikä tietomallintamisen merkitys on koko projektin elinkaaren kannalta, sen eri vaiheissa ja eri toimijoiden ja projektin osapuolten kannalta. (The Higher Education Academy 2013)

Kolmannessa vaiheessa suurin huomio on rakentamisen osaamisessa ja tietoudessa ihmisten, järjestelmien ja prosessien ympärillä. Näitä vaaditaan, jotta tietomallinnusta pystytään onnistuneesti hyödyntämään eri projekteissa. Tähän sisältyy selkeä ymmärrys ja käsitys tietomallintamisen tarjoamista hyödyistä. (The Higher Education Academy 2013)

Akateemisen tietomallipohjaisen opetuksen kehittämiseksi Brasiliassa Barison & Santos (2013) esittävät omassa tutkimuksessaan kolmivaiheista pätevyystasoa tietomallintamiseen liittyvän opetuksen rakenteelle opetusohjelmassa. Tämän olisi tarkoitus toimia tukena, kun mietitään tietomallipohjaisen kurssin sisältöä. Eri pätevyystasot ja niiden sisältö on esitetty kuvassa 9.

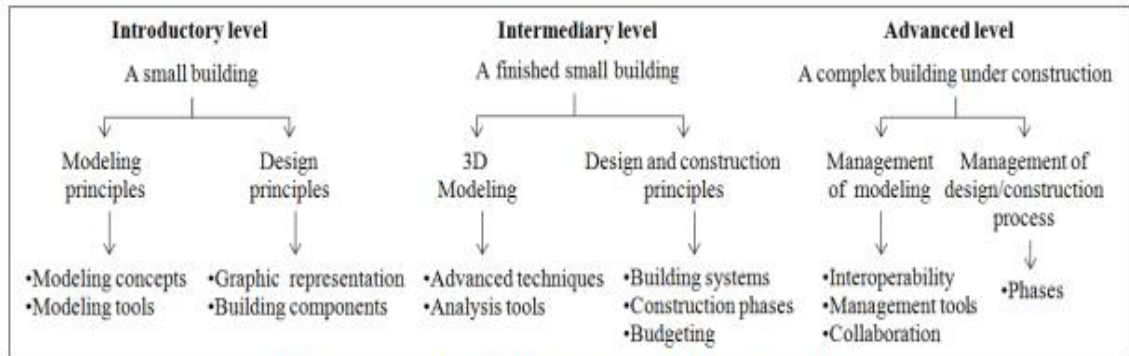


Figure 1 – Structure of BIM content throughout a curriculum.

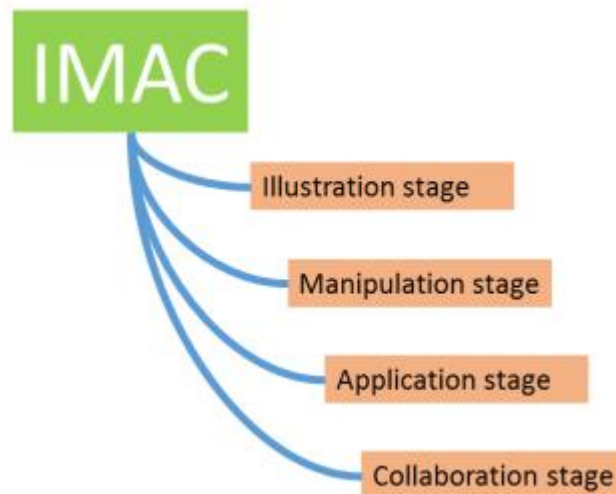
Kuva 9. Tietomallintamisen sisällön rakenne opetusohjelman aikana (Barison & Santos 2013)

Kuvassa 9 Barison & Santos (2013) esittävät kolme tasoa, jotka ovat Introductory, Intermediary ja Advanced eli alustava, välissä oleva sekä edistynyt taso. *Alustavalla tasolla* tulisi ymmärtää tietomallintamiseen liittyviä käsitteitä, työskennellä jonkun tietomallintamiseen liittyvän ohjelmiston parissa sekä ymmärtää suunnitteluun perusteet.

Välissä olevalla Intermediary tasolla pyritään käyttämään edistyneempiä mallintamiseen liittyviä tekniikoita ja analysointi työkaluja. Suunnittelun ja rakentamisen ymmärryksen perusteita laajennetaan rakennusjärjestelmiin, rakentamisen vaiheisiin sekä taloudellisiin ja aikataulullisiin seikkoihin tietomallintamisen avulla. (Barison & Santos 2013)

Edistyneemmällä Advanced tasolla keskitytään mallintamisen sekä suunnittelun ja rakentamisen prosessien hallintaan. Tämä pitää sisällään hallintaan liittyvien työkalujen käyttöä, ymmärrystä yhteistyön merkityksestä sekä projektin toteutuksen hallinnasta. Tärkeää on ymmärtää mitä tietoa missäkin projektin vaiheessa tarvitaan ja kuinka tietoa pystytään vaihtamaan eri osapuolten kesken. (Barison & Santos 2013)

Shelbourn et al. (2016) korostavat omassa tutkimuksessaan ongelmia liittyen tietomallipohjaisen opetukseen ja oppimiseen kansainvälisellä yliopisto tasolla. Julkaisussa esitetään ratkaisuna ongelmaan kehitettyä nelivaiheista ”IMAC framework” nimeä kantavaa koulutuskehystä. Kyseinen koulutuskehys on ollut käytössä ja tutkimuksen alla Sydneyn teknillisessä yliopistossa Australiassa. Sen sisältämät vaiheet on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. IMAC framework ja sen neljä eri vaihetta (Shelbourn et al. 2016)

IMAC framework sisältää neljä eri vaihetta seuraavassa järjestyksessä: Illustration, manipulation, application sekä collaboration. Suomennettuna nämä ovat havainnollistamis-, käsittely-, käyttö- sekä yhteistyövaihe.

Ensimmäisessä vaiheessa opiskelijoille esitetään tietomallintamiseen liittyviä käsitteitä. Tietomallit toimivat tässä vaiheessa asioiden havainnollistamisen tukena. Lisäksi kyseisen yksikön opiskelijoille painotetaan heidän rooliaan osana tuotantoa sekä esitellään muiden, kuten esimerkiksi arkkitehtien ja rakennesuunnittelijoiden rooli osana tuotantoketjua. Tärkeää on sisäistää oppilaille, mitä vaatimuksia tehokas yhdessä työskentely edellyttää. (Shelbourn et al. 2016)

Toisessa vaiheessa nimensä mukaisesti opiskelijat aloittavat olemassa olevien mallien käsittelyn. Oleellista on olla vuorovaikutuksessa tietomallien kanssa. Riippuen omasta pääaineesta tai tieteenalasta opiskelijat tekevät yksinkertaisia muutoksia malleihin ja luovat uusia peruskomponentteja. Tärkeää tässä vaiheessa on jatkaa yhteistyö- ja tietoteknisten taitojen kehittämistä oman pääaineen tietouden syventämisen ohella. (Shelbourn et al. 2016)

Kolmannessa eli käyttövaiheessa opiskelijat soveltavat aiempien vaiheiden tietoja omiin pääaineisiinsa liittyvien ongelmien ratkaisuun. Esimerkiksi rakennustuotannon opiskelijat hyödyntävät muiden luomia malleja aikataulun, kustannusten, logistiikan ja hankintojen suunnittelussa. Tärkeää on ymmärtää kuinka tietomallintaminen ja siihen liittyvät työkalut tukevat näitä toimenpiteitä. Muiden osapuolten roolia rakennushankkeessa esitellään tietomallin kautta tapahtuvan tiedonjakamisen ohella. (Shelbourn et al. 2016)

Viimeisessä yhteistyövaiheessa arkkitehtuurin ja insinööritieteiden opiskelijat tuodaan yhteen työskentelemään erilaisten todellisuutta heijastelevien projektien parissa. Tietomallit ja tietomallintaminen toimivat tässä vaiheessa vuorovaikutuksen välineenä, kun opiskelijat ratkovat ryhmätyöskentelyn avulla erinäisiä ongelmia. Tämän vaiheen tarkoituksena on syventää ryhmätyöskentelytaitoja ja oppia toisten opiskelijoiden kautta yhteistyön avulla. Tiedonjakaminen ryhmien jäsenten kesken korostuu. (Shelbourn et al. 2016)

Edellä käsitelty kolme esimerkkitapausta eri puolilta maapalloa kuvastavat hyvin, kuinka tietomallipohjainen opetus on tuomassa suuria muutoksia monien opetusohjelmien ja kurssien rakenteeseen. Seuraavassa alaluvussa käsitellään konkreettisemmin tietomallien yhdistämistä rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan opetukseen.

3.3 Tietomallien yhdistäminen rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan opetukseen

Muutokset rakennusosalalla asettavat uusia haasteita kyseisen alan korkeakoulutukseen. Rakennusprojektit muuttuvat koko ajan entistä monimutkaisemmiksi sisältäen enenevässä määrin hankkeessa mukana olevia osapuolia. Tämä asettaa korkeat vaatimukset monialaisille yhteistyötaitoille. Nykyinen rakennusinsinöörien korkeakoulutus ei kehitä riittävästi näitä yhteistyötaitoja. (Salmisto et al. 2016)

Rakennusprojektin hallinnan opetus on yleisesti ollut yhdistelmä luentoja, kursseja, toimeksiantoja ja kokeita. Yksittäiset ja yksilölliset arvioinnit eivät juurikaan vastaa oikeita työelämän projekteja ja vaikuttavat lisäksi opiskelijoiden motivaatioon. Tämän sijasta opiskelijoiden tulisi olla osallisena todellisuutta vastaavissa projekteissa, jotka harjoittavat yhteistyö ja kommunikaatio taitoja, luovaa ajattelua sekä ongelmanratkaisu kykyä. Opiskelija keskeiset opetusmenetelmät, kuten projektikäyttöinen oppiminen tukevat näiden kykyjen kehittymistä. (Puolitaival et al. 2015)

Rakennusprojektin kokonaisuuden ymmärtäminen ja hahmottaminen ovat tärkeitä kaikille projektissa osallisille. Korkeakouluista valmistuneille on usein vaikeaa soveltaa opetustiloissa opittuja tietoja ja menetelmiä käytännön monimutkaisuuteen ja epävarmoihin projekteihin. (Wang et al. 2014) Tietomallintaminen tarjoaa yhteisen kielen kommunikoida eri projektin osapuolten kesken muodostaen yhtenäisemmän kokonaisuuden. Tämä asettaa kuitenkin vaatimuksia tietomallintamiseen liittyvän tiedon ja kokemusten kartuttamisesta projektin hallitsemiseksi. (Rokooe 2015)

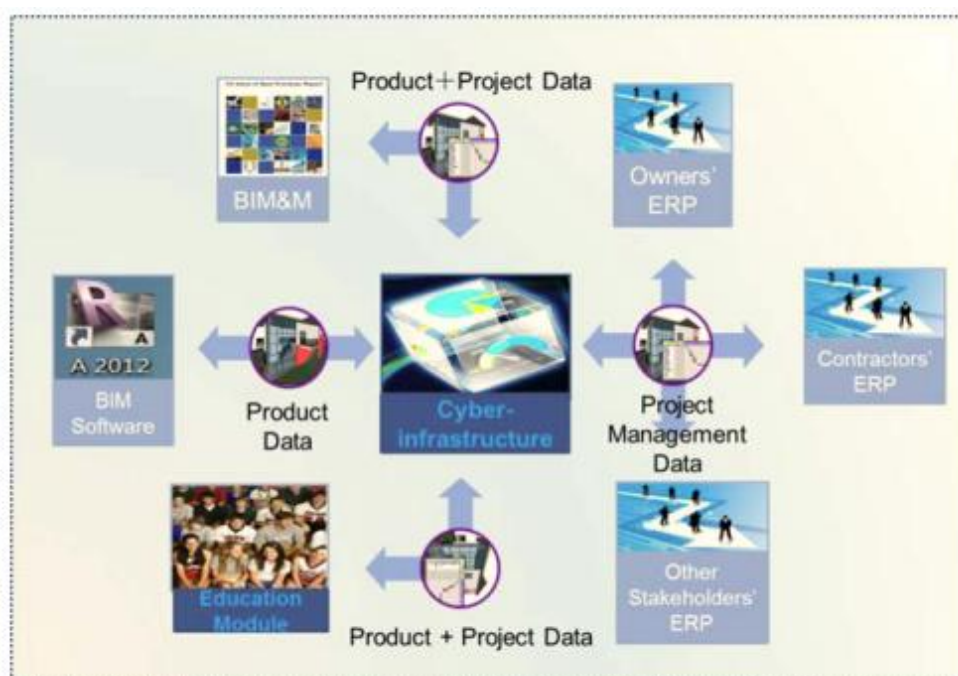
Tietomallipohjaisen opetuksen lisääminen rakennustuotannon opetukseen on haastavaa monesta syystä. *Ensinnäkin* on kriittistä auttaa opiskelijoita muodostamaan oikeanlainen ymmärrys tietomallintamisesta. Kyseessä ei ole pelkästään mikään uusi ohjelmisto ja yk-

sittäinen työkalu, joka tukee yksittäistä tiedonala. Tästä syystä ymmärrys tietomallintamisen tehostavasta vaikutuksesta rakennusprojektin yhteistyöprosesseihin on oleellisesti tärkeämpää kuin itse ohjelman hallitseminen. (Leite 2016)

Toisekseen tietotekniikan koko ajan kiihtyvä kehitys aiheuttaa sen, että tietomallipohjaisiin ohjelmistoihin liittyvä opetus ei ole ajantasaista kovin pitkään. Tästä syystä tiettyjen ohjelmistojen opetukseen ei tule keskittyä liikaa, vaan yliopisto opettajien on panostettava enemmän opiskelijoiden itseoppimis kykyihin, mitä tähän tulee. Lisäksi opiskelijoita tulee rohkaista kriittiseen ajatteluun opetusprosessien aikana, koska tietomallinnuksen saralla tapahtuu koko ajan kehitystä. Projektilähtöinen oppiminen tarjoaa tähän hyvän lähestymistavan. (Leite 2016)

Edellä käydyn pohjustuksen jatkeeksi seuraavissa kappaleissa käydään lävitse muutamia akateemisiin artikkeleihin ja julkaisuihin perustuvia esimerkkejä niiden ratkaisemiseksi. Niiden tarkoituksena on antaa konkreettisempi kuva ja herättää ajatuksia siitä, kuinka tietomallintaminen olisi mahdollista integroida tukemaan rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan opetusta.

Wang et al. (2014) esittävät yhdeksi ratkaisuksi oppimisalustan luomista, joka olisi linkitetty osaksi suurempaa verkkoinfrastruktuuria. Oleellista olisi suora yhteys rakennusteollisuuden todellisuuden tietomallipohjaisten projektien kanssa. Tätä kautta tietomallintamista koskeva päivitetty tieto tuotaisiin osaksi tukemaan rakennusinsinöörien yliopisto-opetusta. Kuvassa 11 on esitetty tämä kokonaisuus.



Kuva 11. Opetusalusta osana suurempaa verkkoinfrastruktuuria (Wang et al. 2014)

Kuvassa 11 havainnollistettu opetusmoduuli mahdollistaisi saumattoman tiedonkulun opetukseen yhdessä tieto- ja viestintäteknologian työkalujen kanssa. Käytännössä tämä tarkoittaisi esimerkiksi todellisuuden projekteissa käytettyjen eri tasoisten mallien ja tiedon hyödyntämistä rikastamaan nykyisten kurssien sisältöä. Tätä kautta opiskelijoiden ymmärrys käytännön projekteista paranisi ja pysyisi paremmin ajan tasalla koko ajan päivittyvän tiedon myötä. (Wang et al. 2014)

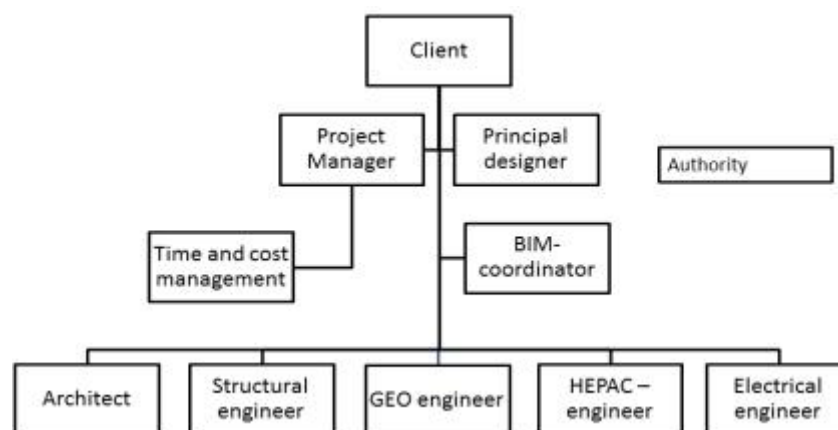
Clevenger et al. (2010) esittävät omassa tutkimuksessaan yhdeksi ratkaisumalliksi *kaksivaiheista kokonaisuutta* tietomallintamisen lisäämisessä rakennustuotannon opinto-ohjelmaan yliopistotasolla. Kyseinen malli on ollut kokeilukäytössä Coloradon osavaltion yliopistossa Yhdysvalloissa. Pohjana sen luomiselle on käytetty muun muassa opiskelijoilla teetettyä kyselyä.

Ensimmäinen vaihe pitää sisällään yksittäisen tietomallintamiseen keskittyvän kurssin. Tämä ajoittuu opintojen alkuun ensimmäistä vuotta opiskeleville. Sen tarkoituksena on paneutua ohjelmiston käyttötaitojen parantamiseen ja luoda käsitys tietomallintamisen käyttömahdollisuuksista. Kurssi korvaa 2D-piirtämiseen keskittyneen CAD-pohjaisen kurssin. (Clevenger et al. 2010)

Toinen vaihe on tietomallipohjaisten moduulien lisääminen olemassa oleviin kursseihin luomaan yhteys tietomallintamisen ja opetettavien asioiden välillä. Näiden opetusmoduulien tärkeimpänä tavoitteena on parantaa opetuksellisen kommunikaation tehokkuutta käyttämällä visuaalisia ja interaktiivisia opetustekniikoita. Tärkeää on valaista niiden avulla keskeisiä käsitteitä samalla motivoiden ja altistaen opiskelijoita tietomallintamisen mahdollistamille työskentelyprosesseille ja teollisuuden mahdollisuuksille. Opetusmoduulien kehitystyö tapahtuu yhdessä rakennusteollisuuden yrityksen tai yritysten kanssa. (Clevenger et al. 2010)

Edellä käsitellyn kokonaisuuden tueksi osa opiskelijoista esitti kaiken aiemmin opitun tiedon yhteen sitovaa tietomallipohjaista kurssia opiskelun loppuvaiheeseen. Tämä selvisi teetetyyn kyselyn pohjalta. (Clevenger et al. 2010)

Esimerkkinä konkreettisemmalla kurssitasolla, Tampereen teknillisessä yliopistossa opetettava rakennushankkeen suunnittelun simulointi kurssi, on ollut opetusohjelmassa vuodesta 2006 asti. Kurssin suunnittelu perustuu yhteistyölähtöisen oppimisen kulmakiviin. Kurssi on vapaavalintaisena tarjolla muun muassa arkkitehti, rakennesuunnittelu, rakennustuotanto sekä infra rakentamisen opiskelijoille. Tarkoituksena onkin työskennellä yhdessä eri osastojen välillä ja muodostaa kurssille osallistuvien opiskelijoiden kesken ryhmä, jossa jokaisella on oma roolinsa rakennushankkeessa. (Salmisto et al. 2016) Kuvasta 12 havaitaan hankkeen eri osapuolia.



Kuva 12. Oppilaiden roolit ja organisaatiot kurssilla (Salmisto et al. 2016)

Tarkoituksena on käydä rakennuksen suunnitteluprosessi lävitse 7-8 suunnittelukokouksen avulla, jotka on tarkoitus järjestää 3-4 viikon välein. Kurssin viimeisimmillä toteutusterroilla suunnitteluprosessi on perustunut lähinnä tietomallipohjaiseen suunnitteluun ja opiskelijoiden itse luomiin tietomalleihin. (Salmisto et al. 2016)

Jokainen opiskelija vastaa omasta roolistaan hankkeessa ja huolehtii omista vastuualueistaan. Kurssin vastuuhenkilön rooli onkin lähinnä tarkkailla kokouksia ja ohjata prosessia oikeaan suuntaan tarvittaessa, jolloin opiskelijoille jää vastuu huolehtia kokousten sopimisesta ja muista vastaavista toimenpiteistä. (Salmisto et al. 2016) Tämä ja lisääntyvä tietomallintamisen hyödyntäminen tukevat opiskelijoiden kykyä ymmärtää rakennushankkeen kokonaisuutta paremmin ja lisää yhteistyön, kommunikation, ongelmien ratkaisukyvyyn ja johtamisen merkitystä, mikä on erittäin oleellista hankkeen lävitse viemisen kannalta.

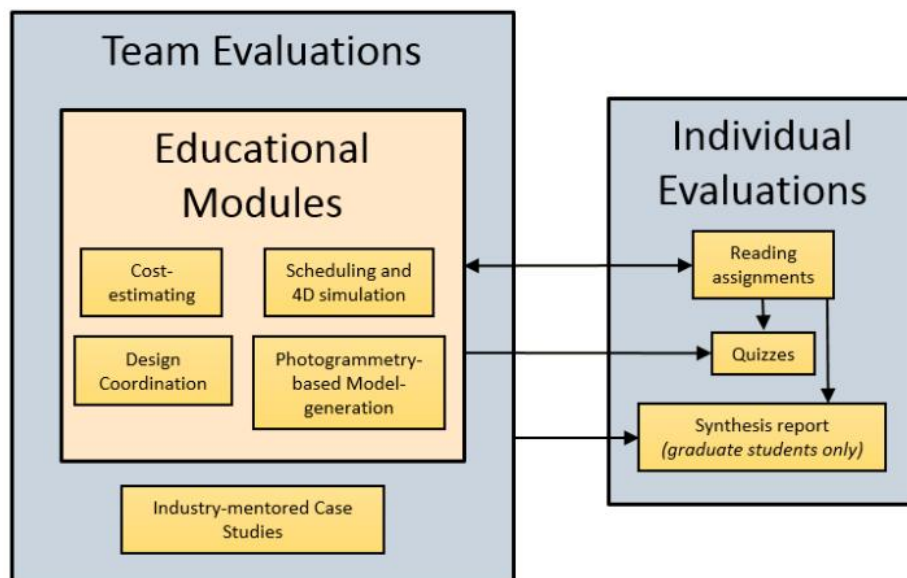
Kurssin alussa olevassa esisuunnittelu vaiheessa luotavat kehykset ja raamit muun muassa aikataululle sekä kustannuksille yhdistettynä kurssin puitteissa mahdollisesti luotavaan tietomalliin ja sen hyödyntämiseen edistävät myös näiden osa-alueiden hallintaa. Projektin pitäminen annettujen raja-arvojen sisällä tukee myös kokonaisuuden hallinnan kehittämistä.

Leite (2016) selvittää omassa tutkimuksessaan kokemuksia Yhdysvaltojen Teksasin yliopiston tietomallipohjaisesta kurssista. Se on ollut ensimmäistä kertaa mukana opetustarjonnassa syksyllä 2010. Samalla tavoin kuin edellä käsitellyn rakennushankkeen suunnittelun simulointi kurssin kohdalla, on tämäkin kurssi ollut valittavissa muun muassa arkkitehti-, rakennesuunnittelu- sekä rakennustuotantopuolen opiskelijoille. Ennen kaikkea kurssi on kuitenkin suunnattu rakennustuotannon opiskelijoille.

Kurssi on vahvasti yhteydessä rakennusteollisuuden kanssa. Yhdessä teollisuuden ammattilaisten kanssa on muodostettu ryhmä ”the Austin BIM Peer Group”. Mukaan on saatu lukuisia rakennusalan yrityksiä. Ryhmä kokoontuu kuukausittain jakamaan päivi-

tettyä tietoa ja oppimiskokemuksia tietomallipohjaisesta suunnittelusta ja rakennusprojekteista. Kurssin ohjaajat ja luennoitsijat tulevat pääosaksi tämän ryhmän kautta. Kursilla mukana olevat oppilaat kutsutaan mukaan kuukausittaisiin kokoontumisiin, jossa on mahdollista hankkia suhteita ohjauksen, työharjoittelun sekä tulevaisuuden työpaikkojen suhteen. (Leite 2016)

Kurssi on integroitu sisään ohjaajan sillä hetkellä käynnissä olevaan tutkimukseen. Opetus tapahtuu kuvassa 13 esitettävissä moduuleissa. Nämä asiat yhdessä mahdollistavat uuden sisällön lisäämisen aina seuraavalle toteutuskerralle. (Leite 2016)



Kuva 13. Ryhmä- ja henkilökohtaiset arvioinnit sekä opetusmoduulit ja näiden väliset yhteydet (Leite 2016)

Kurssin moduulit sisältävät johdantoluennon, kaksi ”työskentely laboratoriota” sekä näihin pohjautuvan luennon. Tässä on tarkoituksena esitellä 2-3 hengen ryhmien aikaansaannokset ja keskustella niiden sisällöstä. Kolme päämoduulia, joista kukin sisältää pienen projektikokonaisuuden, ovat: (Leite 2016)

- Tietomallipohjainen kustannusarviointi
- Aikataulutus ja 4D simulaatio
- Suunnittelun ohjaus

Kurssin tavoitteena on kehittää rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnan ymmärrystä tietomalleihin pohjautuvien ohjelmien avulla. Lisäksi suuressa roolissa ovat yhteistyötaitojen ja kriittisen ajattelun kehittyminen ryhmätöiden sekä henkilökohtaisten toimeksiantojen avulla. (Leite 2016)

Sydneyyn teknillisessä yliopistossa nimellä ”Design Team Management” eli Suunnittelu-ryhmän johtaminen/ hallinnointi, tarjolla oleva kurssi on pakollinen rakennusprojektin

johtamista opiskeleville. Se on tarjolla valinnaisena myös arkkitehtuurin, sisustusarkkitehtuurin sekä rakennesuunnittelun opiskelijoille. Kurssi on toistaiseksi ainoa, jossa kaikki eri osastot ovat yhdessä edustettuina, (Shelbourn et al. 2016)

Kurssi on osana suurempaa ”IMAC framework” nimellä olevaa nelivaiheista tietomallipohjaista koulutuskokonaisuutta. Edellisessä alaluvussa 3.3 on esitetty tämän koulutuskehyksen periaatteet. Kurssi sijoittuu kyseisen kokonaisuuden viimeiseen yhteistyö vaiheeseen. Kurssin tavoitteena onkin kehittää opiskelijoiden yhteistyötaitoja tietomallien avulla. (Shelbourn et al. 2016)

Kurssia on muokattu perinteisestä luentoisiin ja tenttiin perustuvasta kokonaisuudesta, joiden aihealueet ovat liittyneet johtamiseen ja yhteistyökäytäntöihin rakentamisessa. Toivomuksena muutokselle asetettiin tietomallintamisen lisääminen kurssin sisältöön. Tältä pohjalta vastuhenkilö lähti muokkaamaan kokonaisuutta. (Shelbourn et al. 2016)

Vuonna 2014 kurssista tehtiin tutkimusta, jonka johdosta kurssia opetettiin kahtena erillisenä versiona. Toiseen versioon oli lisätty valmiit tietomallit, jotka olivat Queenslandin teknillisen yliopiston viimeisen vuoden arkkitehtuuriopiskelijoiden luomia. Opiskelijat jaettiin 3-6 hengen ryhmiin. He työskentelivät jaetun tietomallin ja annettujen lähtötietojen varassa sekä määrittivät oman lopullisen hankkeen laajuuden perustuen näihin vaatimuksiin sekä ryhmän kokoon ja kokemukseen. Tältä pohjalta he työskentelivät projektin parissa loppuajan kurssin suorituksesta. (Shelbourn et al. 2016)

Yhteistyön ja rakennushankkeen kokonaisuuden ymmärryksen kehittäminen tietomallien avulla on olennainen osa kurssia. Tämän saavuttamiseen vaaditaan kuitenkin pohjatietoja tietomallintamisesta rakennusprojektin johtamisen opiskelijoilta, joille kyseinen kurssi on pakollinen. Tämän vuoksi kurssi on sijoitettu nelivaiheisen tietomallintamisen koulutuskehyksen määrittämään viimeiseen vaiheeseen. (Shelbourn et al. 2016)

Edellä käsitellyt esimerkit sisältävät selkeitä yhtenevyyksiä tavoitteiden osalta. Yhteistyön parantaminen, ongelmaratkaisukykyjen kehittäminen sekä kokonaisuuden ja siihen liittyvien osa-alueiden hahmottaminen ovat keskeisiä teemoja. Tietomallinnusta on mahdollista käyttää tukemaan näitä erilaisilla tavoilla. Se millä tavoin tietomallit ja niihin liittyvä mallinnus tuodaan osaksi rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan opetusta, ei ole olemassa yhtä oikeaa vaihtoehtoa, vaan tällä hetkellä onkin käynnissä selkeää kokeilua eri vaihtoehtojen suhteen.

3.4 Käytännön haasteita tietomallintamisen yhdistämisessä opetukseen

Badrinath et al. (2016) ovat tutkineet akateemisissa julkaisuissa esiintyviä esteitä ja haasteita tietomallintamisen yhdistämiselle korkeakouluopetuksen tueksi. He ovat näiden

pohjalta jakaneet ongelmat kolmeen laajempaan kategoriaan kansainvälisellä tasolla. Kyseiset kategoriat ja niihin sisältyviä ongelma-kohtia on luetteloitu alla:

- Poliittiset ja menettelytavat ongelmat:
 - Motivaation puute
 - Epäyhtenäiset maailmanlaajuiset pätevyudet
 - Ammattitaidon pätevyyteen liittyvät kysymykset
 - Tietomallipohjaisen opetussuunnitelman/ opinto-ohjelman haasteet
 - Tietomallintamisen vaatimat monipuoliset käyttötaidot
- Teknologiaan pohjautuvat ongelmat:
 - Tarvittavien laitteistojen hankinta tukemaan tietomallintamista
 - Tietomallipohjaisten ohjelmistojen valitseminen ja näiden lisenssit
 - Tietomallintamiseen liittyvät muut tekniset asiat
 - Tarvittavien koordinoinnin työkalujen hankinta
- Prosessiin sisältyvät ongelmat:
 - Heikko yhteistyö rakennusteollisuuden kanssa
 - Monikansallisen ja eri osastojen välisen yhteistyön parantaminen
 - Tietomallipohjaisen opetussuunnitelman/ opinto-ohjelman puutteellisuus

Panuwatwanich et al. (2013) ovat puolestaan omassa julkaisussaan tutkineet haasteita ja ongelmia tietomallintamisen yhdistämisessä rakentamisen insinööritieteiden opetukseen yliopistoissa. Seuraavassa muutamia keskeisiä ongelma-kohtia alla lueteltuna:

- rahalliset resurssit tietomallintamisen ohjelmistojen hankintaan
- mallintamisen vaatima henkilökohtainen ammattitaito
- tilan puute nykyisissä opinto-ohjelmissa
- opetushenkilöstön kouluttaminen nopeasti kehittyvän tekniikan mukana sekä
- pätevyys-standardien ja vaatimusten puutteellisuus

Puolitaival & Forsythe (2016) ovat koonneet omassa tutkimuksessaan ”Practical challenges of BIM education” hyvin yhteen käytännön haasteita tietomallipohjaisessa opetuksessa. Ensimmäisenä nousevat esiin henkilökunnan ammattitaidon puute koskien mallintamiseen liittyvien ohjelmistojen käyttöä sekä tietomallintamisen prosessien ymmärtämistä. Suwal et al. (2014) nostavat omassa tutkimuksessaan esiin saman ongelman. He korostavat ammattitaitoisen henkilöstön puutteen olevan yksi suurimmista syistä, miksi akateemiset organisaatiot eivät lisää tietomallintamista ja tietomalleja opinto-ohjelmiensa sisältöön.

Tietomallintamisen lisäämisessä nykyisiin opinto-ohjelmiin on havaittu useita ongelmia. Opetusohjelmat ovat usein niin täysiä, että on erittäin vaikeaa löytää tilaa uusille valinnoille kursseille. Lisäksi henkilökunta on usein muutosvastaraintaista muuttamaan nykyistä ohjelmaa. Opinto-ohjelma kohtaisiin ongelmiin liittyen käytännön haasteena on

ollut myös opetuksellisten resurssien puute. Tämä pitää sisällään ajalliset resurssit kursien luomiselle sekä henkilöstö resurssit koskien esimerkiksi tarvittavien tietomallien luomista kyseisiä kurseja varten. (Puolitaival & Forsythe 2016)

Moniin edellä esitettyihin ongelmiin on esitetty ratkaisuvaihtoehtoja. Puolitaival & Forsythe (2016) tutkimuksesta ilmenee, että säännöllinen yhteistyö rakennusteollisuuden kanssa on oleellista opetushenkilökunnan pitämisessä ajan tasalla. Teollisuudesta tulevia asiantuntijoita voitaisiin hyödyntää kurssien kohdalla täydentämään henkilöstön taito- ja tietotasoa. Lisäksi teollisuuden yhteistyön kautta olisi mahdollista hankkia eritasoisia malleja eri kurssien sisältöön. Tämä helpottaisi muun muassa resurssipulaan liittyviä ongelmia.

Opettajien tietomallintamisen ammattitaidon ja ymmärryksen parantamiseksi on mahdollista järjestää myös erilaisia koulutuksia. Yksi hyvä esimerkki tästä on Metropolia Ammattikorkeakoulun yhdessä rakennusteollisuuden kanssa järjestämä ”OpeBIM” nimeä kantanut koulutuskurssi. (Suwal et al. 2014)

Tietomallintamisen sisällyttämistä opetusohjelmiin on pyritty helpottamaan muun muassa erilaisten koulutuskehyksien kehittämisellä. Esimerkkejä näistä on käsitelty alaluvussa 3.2.

Eri julkaisuista on selvästi havaittavissa lukuisia ongelmia ja haasteita tietomallintamisen sisällyttämisessä korkeakouluopetukseen. Nämä ovat selvästi sidoksissa siihen, kuinka laajalla mittakaavalla tietomalleja ja tietomallintamista ollaan sisällyttämässä opetukseen. Ongelmanratkaisuvaihtoehtoja on esitetty jo lukuisia liittyen mallintamisen lisäämisestä opetusohjelmaan tai yksittäisiin kursseihin. Haasteiden selättämisen kannalta oleellista onkin, kuinka näitä ratkaisumalleja pystytään konkreettisesti toteuttamaan ja soveltamaan käytännössä.

4. TIETOMALLIPOHJAISEN KORKEAKOULUOPE- TUKSEN NYKYTILAN SELVITYS

Tässä luvussa esitellään käytetty tutkimusmenetelmä sekä kuinka tutkimus toteutettiin. Lisäksi käydään läpi haastattelurungon teema-alueet sekä niiden tiedolliset tavoitteet. Lopussa kootaan haastatteluista saadut aineistot teema-alueittain. Haastatteluaineiston analysointi on suoritettu luvussa kuusi.

4.1 Tutkimusmenetelmän esittely

Kansainvälisen kirjallisuuskatsauksen tueksi suoritettiin tutkimushaastatteluita paremman kokonaisuuden ja todellisen tilannekuvan saavuttamiseksi. Haastattelut olivat tyypiltään *teemahaastatteluita*, kuten Hirsjärvi ja Hurme kuvaavat kirjassaan ”Tutkimushaastattelu – Teemahaastattelun teoria ja käytäntö” (2011).

Teemahaastattelu on empiirinen, kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä. Se on luonteeltaan puolistrukturoitu, koska haastattelun aihepiiri ja teema-alueet ovat kaikille samat, mutta ennalta määrättyä kysymysten tarkkaa muotoa ja järjestystä ei ole. Tämä mahdollistaa suuremman painoarvon haastateltavien tulkinnoille ja heidän asioille antamille merkityksille. (Hirsjärvi & Hurme 2011) Puolistrukturoidussa haastattelussa on Eskolan ja Suorannan mukaan samat kysymykset kaikille, mutta valmiita vastausvaihtoehtoja ei ole, vaan kysymyksiin saa vastata omin sanoin (Eskola & Suoranta 2005).

4.2 Tutkimuksen toteutus

Tutkimusta varten valikoitui alun perin viisi henkilöä. Tämä täydentyi vielä kahdella henkilöllä tutkimusprosessin edetessä. Yhden diplomityön puitteissa rajausta päätettiin tehdä tähän. Haastateltavat työskentelevät seuraavissa korkeakouluissa, instituutioissa ja yrityksissä:

- Aalto-yliopisto (2 henkilöä)
- Tampereen teknillinen yliopisto ja Mittaviiva Oy (1 henkilö)
- Metropolia Ammattikorkeakoulu (1 henkilö)
- Tampereen ammattikorkeakoulu (1 henkilö)
- Unitec Institute of Technology/ Auckland, Uusi-Seelanti (1 henkilö)
- Mittaviiva Oy (1 henkilö)

Tutkimuksen kannalta oli oleellista, että haastattelujen pääpaino oli opetuksellisessa näkökulmassa, mutta kaikki tieto liittyen rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaan ja tie-

tomallien hyödyntämiseen koettiin arvokkaaksi. Mukaan haluttiin saada myös kansainvälistä näkökulmaa tukemaan kansainvälistä kirjallisuusselvitystä tietomallipohjaisesta korkeakouluopetuksesta. Haastateltava on Unitec:in teknillisessä instituutissa työskentelevä suomalainen opetusalan henkilö. Teknillinen instituutti on Suomen ammattikorkeakoulua muistuttava opetuslaitos.

Tutkimuksen teemahaastattelut aloitettiin diplomityöprosessin puolella välissä ja ne suoritettiin yhden kuukauden aikana. Haastateltavia varten luotiin saatekirje (saatekirje diplomityön liitteenä A), jossa selitettiin kaikki haastatteluiden suoritukseen liittyvä oleellinen tieto. Kirje lähetettiin haastateltaville hyvissä ajoin ennen haastatteluiden suoritusta. Tämän lisäksi ennen haastatteluiden aloitusta luotiin teemahaastattelurunko, joka hyväksytettiin työn ohjaajalla.

Kysymykset haastattelurunkoon on luotu teoriaosuuden teemojen pohjalta. Teema-alueita muodostui lopulta viisi kappaletta. Haastattelurunko alkaa kevyellä henkilökuvalla, joka toimii aloituksena haastattelulle. Tämän jälkeen siirrytään varsinaisiin aiheisiin, jotka käsittelevät rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaa, tietomallien hyödyntämistä sekä tietomallipohjaista rakennustuotannon opetusta. Lopetuksena toimii katsaus tulevaisuuden näkymiin. Lopullinen teemahaastattelurunko löytyy diplomityön liitteenä B.

Kaksi haastatteluista suoritettiin ryhmähaastatteluina, joissa molemmissa haastateltiin kahta henkilöä samaan aikaan. Nämä tapahtuivat paikan päällä joko korkeakoulun tai yrityksen tiloissa. Toinen näistä haastatteluista suoritettiin englanninkielisenä (englanninkielinen kysymysrunko tutkimuksen liitteenä C). Kolme muuta haastattelua suoritettiin yksilöhaastatteluina. Kaksi näistä suoritettiin paikan päällä korkeakouluissa. Haastattelu Uuteen-Seelantiin hoidettiin puolestaan Skype-ohjelman välityksellä.

Haastattelutilanteen nopeuttamiseksi kysymysrungot lähetettiin etukäteen haastateltaville. Tämän lisäksi kaikki haastattelut nauhoitettiin kokonaisuudessaan. Litterointi suoritettiin nauhoitusten pohjalta. Tämä helpotti pääkohtien löytymistä ja analyysin suorittamista. Litteroitujen haastattelumuistioden hyväksyttäminen suoritettiin kaikilla haastateltavilla ennen materiaalin käyttämistä tutkimukseen.

Viidestä haastattelusta kertyi materiaalia yhteensä 4 tuntia ja 51 minuuttia. Haastattelut kestivät keskimäärin 58 minuuttia pisimmän haastattelun ollessa tunnin ja 25 minuuttia ja lyhimmän puolestaan vain 19 minuuttia.

4.3 Haastatteluaineiston koonti

Viisi haastattelua tarjosivat kattavasti näkemyksiä ja tietoa rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaan, tietomallien hyödyntämiseen ja ennen kaikkea tietomallipohjaiseen rakennustuotannon opetukseen liittyen. Tulevaisuuden näkymiin löytyi myös monipuolisesti ajatuksia ja kehityssuuntia.

Haastatteluaineiston koonti on suoritettu teema-alueittain kysymyskohtaisesti. Vastauksia on eroteltu korkeakoulukohtaisesti, kun siihen on koettu tarvetta. Haastattelujen vastauksia on käyty lävitse teema-alueittain henkilökuvaa lukuun ottamatta alakappaleissa 4.3.1-4.3.4.

Henkilökuvalla oli tarkoitus luoda lyhyt katsaus henkilön toimenkuvaan ja työtaustaan. Oleellisinta oli kuitenkin saada haastattelutilanne sujuvasti käyntiin ja aloittaa kevyemmillä kysymyksillä, jotta haastateltava pääsisi mukavasti sisään haastatteluun.

Rakennusprojektin kokonaisuuden hallinta on erittäin laaja käsite. Tällä teema-alueella pyrittiin saamaan haastateltavien näkemyksiä ja ajatuksia rakennusprojektin hallintaan liittyen. Toisaalta haluttiin selvittää näkevätkö haastateltavat jotkut osa-alueet toisia kriittisimpinä. Tähän osioon sisällytettiin myös tehtävään liittyvät apuvälineet ja työkalut, joilla tässä yhteydessä tarkoitetaan lähinnä tietoteknisiä laitteita ja ohjelmistoja.

Valmiiden tietomallien hyödyntäminen teema-alueella tarkoituksena oli selvittää, mikä tietomallien rooli on rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaan liittyen, mitä asioita niistä pystytään hyödyntämään projektin eri vaiheissa sekä mitä pohjatietoja se vaatii käyttäjältä. Myös tähän osioon haluttiin sisällyttää tietotekniset apuvälineet ja työkalut, koska ne ovat olennaisessa osassa tietomallintamisessa.

Tietomallipohjainen rakennustuotannon opetus oli pääteemana haastattelurungossa. Tällä pyrittiin ensisijaisesti selvittämään eri korkeakouluissa toimivilta henkilöiltä, missä kursseissa ja millä tavalla valmiita tietomalleja hyödynnetään. Toisaalta lähes yhtä tärkeää oli saada näkemyksiä kaikilta haastateltavilta siitä, kuinka tietomallit tulisi yhdistää rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnan opetukseen ja mikä tietomallien rooli on tai tulisi olla kurssien sisällössä.

Tulevaisuuden näkymät osiossa oli tarkoitus saada haastattelun loppuun haastateltavien näkemyksiä tietomallipohjaisen rakennustuotannon opetuksen tulevaisuuden näkymistä ja digitalisaation roolista tämän prosessin kehityksessä. Toisaalta oli kiinnostavaa tietää, miten haastateltavat näkevät edellä mainittujen vaikutuksen opetusmetodeihin.

4.3.1 Rakennusprojektin kokonaisuuden hallinta

Kokonaisuuden hallinta

Lähes kaikki haastateltavat totesivat kaikkien osa-alueiden olevan tärkeitä, kun huomioidaan koko rakennuksen elinkaari aina tilaajasta ylläpitoon saakka. Toisaalta kolme haastateltavaa lähestyi asiaa ihmisten, prosessien ja teknologian hallinnan ja yhteensovittamisen kautta, nostamalla nämä kolme keskiöön. Projektin onnistumisen kannalta oleellisena nähtiin prosessien optimointi, oikeiden henkilöiden oleminen oikeissa rooleissa sekä oikeanlaisen teknologian käyttö. Aikataulu, johtaminen ja yhteistyö nostettiin myös esiin.

Aikataulujen tulisi olla johtavassa asemassa projektin hallinnassa sekä mukana itse johtamisessa. Yhteistyöllä tarkoitetaan eri osapuolten välistä yhteistyötä sekä luottamusta toisia projektin osapuolia kohtaan.

Haastatteluista nousi kuitenkin esiin myös yksittäisiä rakennusprojektin osa-alueita ja rooleja. Yksi haastateltavista kertoi tilaajan roolin ja hankesuunnitteluvaiheen korostuneen entistä keskeisempään asemaan viime aikoina. Laadukkaan suunnittelun ja suunnitelmien asema nousi myös esiin. Se antaa hyvän pohjan kaikelle muulle tekemiselle projektin aikana, kuten toteutuksen suunnittelulle. Lisäksi koko projektia koskeva kustannusten hallinta helpottuu laadukkaan suunnittelun myötä. Suunnittelun sekä hankintojen ohjaus nousivat myös haastatteluissa esiin.

Osakokonaisuuksien hallinta

Osakokonaisuuksien hallinta asettaa tiettyjä vaatimuksia hankkeen eri osapuolille. Ihmisten, prosessien ja teknologian hallinnan edellytyksenä nousi esiin seuraavanlaisia asioita:

- oikeanlainen ohjaus sekä koordinointi
- oikea-aikainen päätöksenteko
- yhteistyö, kommunikaatio ja luottamus eri osapuolten välillä
- läpinäkyvyys kaikessa tekemisessä
- teknologian suuri rooli edellä lueteltujen asioiden onnistumisessa
- ihmisten johtaminen asioiden johtamisen sijaan
- rakentamisen eri prosessien hallitseminen
- teknologia uudempi osa-alue, joka vaatii lisää koulutusta

Kaksi haastateltavista korosti yhteisten pelisääntöjen ja niiden noudattamisen merkitystä. Esiin nousi, että pitäisi luoda systemaattinen toimintatapa, jota kaikki noudattavat sekä vaadittiin uudenlaista otetta kaikkeen tekemiseen, koska tällä hetkellä kaikki tapahtuu liian irrallaan ja toisten osapuolten asiasta tietämättä. Läpinäkyvyys kaikessa tekemisessä nousi myös tässä yhteydessä esiin. Tietomallia ja tietomallintamista pidettiin yhtenä ratkaisuna yhteiseksi toimintatavaksi, mutta samalla todettiin, että näin ei valitettavasti tällä hetkellä tapahdu.

Yksi haastateltavista kertoi KIRA-digi hakemuksen tilaajan työkalulle olevan vireillä tällä hetkellä. KIRA-digin tavoitteena on toteuttaa ja kehittää julkisten palveluiden digitalisoimista. Työkalun on tarkoituksena parantaa tilaajan valveutuneisuutta rakennushankkeessa. Tilaajan osaamista tulisi muutenkin parantaa ja tilaajan tulisi lisäksi osata vaatia asioita esimerkiksi koskien tietomallien sisältöä liittyen suunnitteluvaiheessa.

Edellä mainittujen asioiden lisäksi haastatteluista nousi esiin hyvän tuntuman ja vankan kokemuksen merkitys liittyen suunnittelun, toteutuksen ja projektin kustannusten hallintaan. Tässä yhteydessä korostettiin ajan tasalla olevien tietoteknisten apuvälineiden välttämättömyyttä.

Osakokonaisuuksien hallinnan apuvälineet ja työkalut

Edellä käsiteltyjen osakokonaisuuksien hallinta edellyttää apuvälineitä ja työkaluja. Prosessien, ihmisten ja teknologian hallinnan apuvälineiksi mainittiin kaikki sovellukset, jotka mahdollistavat informaation virtauksen, kommunikaation ja parantavat läpinäkyvyyttä. Yksi haastateltavista toivoi tulevaisuudessa mahdollisimman helppokäyttöistä ja reaaliaikaista älykästä järjestelmää, joka toimisi taustalla. Tiedon syöttö järjestelmään tulisi olla niin vähäistä kuin mahdollista ja automaation roolin tulisi puolestaan korostua järjestelmän kerätessä itse lähes kaiken oleellisen tiedon esimerkiksi sensoreiden avulla. Toisaalta konkreettisempänä esimerkkinä esiin tässä yhteydessä nousi tietomallinnus ja –mallit sekä Lean Construction toimintatapa näihin yhdistettynä.

Muita esille tulleita asioita apuvälineisiin ja työkaluihin liittyen olivat tiedonkäsittelyä, -hallintaa ja kommunikaatiota parantavat sovellukset, kuten mobiiliapplikaatiot ja tietenkin mobiililaitteet itsessään. Yksi haastateltavista nosti esiin perinteisen Excel-taulukkolaskentaohjelman, CAD- ja tietomallintamisohjelmistot ja kustannuslaskentaan sekä aikataulunhallintaan liittyvät ohjelmistot.

Kaksi haastateltavista henkilöistä korosti myös tässä yhteydessä prosesseja tapana toimia toimimattomiksi ja peräänkuulutti yhteisten pelisääntöjen luomista olennaisimmaksi lähetskohdaksi. Näitä tukevia apuvälineitä voisi sitten mahdollisesti kehittää jatkossa.

Uudet työkalut kokonaisuuden hallinnan tueksi

Uusien työkalujen tarve koettiin verrattain vähäiseksi. Kolme haastateltavista ei nähnyt tarvetta kokonaan uusille työkaluille, mutta luonnollista digitalisaation ja samalla ohjelmistojen kehitystä arveltiin tapahtuvan. Kaksi heistä koki tietomallintamisen ja sen sisällön kehittämisen ja kehittymisen olennaisena. Lisäksi virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden kehittämistä pidettiin erittäin positiivisena asiana esimerkiksi päätöksenteon helpottamiseksi tulevaisuudessa. Toisaalta yksi haastateltavista kaipasi helppokäyttöisempää Vico Office-ohjelmistopakettin kaltaista ohjelmaa, jossa risteymätarkastelut ja suunnitelmat ovat samassa paikassa, mutta sinällään millekään uudelle ominaisuudelle ei ollut tarvetta.

Kokonaan uusina työkaluina esitettiin avointa ekosysteemiä, joka toimisi alustana useille eri digitaalisille työkaluille. Sen tulisi sisältää tarvittavat kytkennät ja tietolähde. Toisaalta kaivattiin uuden aikakauden tietomallintamiseen ja projektinhallintaan liittyviä työkaluja, joissa koko systeemi olisi mietitty uudestaan. Edellä mainittujen lisäksi kaksi haastateltavista kaipasi mahdollisimman reaaliaikaista työkalua tuotannon ohjaukseen. Samassa yhteydessä mainittiin, että ohjelman ei tulisi olla keskiössä vaan tukea varsinaista ohjausta. Vaatimuksena kyseisen digitaalisen sovelluksen käyttöönotolle mainittiin helppokäyttöisyys, läpinäkyvyys sekä tietyn käsityömaisyyden säilyminen ohjelmiston käyttämisessä.

4.3.2 Valmiiden tietomallien hyödyntäminen

Rooli osana kokonaisuuden hallintaa

Tietomallien rooli koettiin pääosin erittäin keskeiseksi rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnassa. Yhden haastateltavan mielestä jokaisesta kohteesta tulisi automaattisesti tehdä tietomalli ja samalla hän totesi huononkin tietomallin olevan parempi, verrattuna tilanteeseen, jossa tietomallia ei ole lainkaan. Toisaalta yksi haastateltavista korosti tietomallintamisen keskeistä roolia jo projektin alkuvaiheessa. Esimerkkinä hän mainitsi kevyen pintamallin hyödyntämisen kaavoitusvaiheessa kaupunkikuvaa havainnollistamaan. Lisäksi tilaaja voisi vaatia massoittelumalleja hankesuunnitteluvaiheessa.

Moni haastateltavista henkilöistä nosti esiin ensimmäisen kysymyksen kohdalla vaatimuksia ja ongelmakohtia liittyen tietomallien keskeiseen rooliin. Vaatimuksina esiin nousivat vahva mallintavan suunnittelun johtaminen, tietomallikoordinointi, yhteiset toimintatavat ongelmien ratkaisemiseksi sekä tieto siitä, mihin tietomallia kyseisessä hankkeessa tulisi käyttää. Ongelmakohtina mainittiin tietomallintamisen puutteellinen toteutussuunnitelma ja hallinta rakennushankkeessa.

Hyödyntämiskohteet

Haastateltavat mainitsivat lukuisia asioita liittyen valmiiden tietomallien hyödyntämiseen kokonaisuuden hallinnan tukena. Esiin nostettiin seuraavia asioita alla lueteltuna:

- vuorovaikutuksen väline eri osapuolten välillä, esimerkiksi suunnitteluvaiheessa
- yhdistävä tekijä koko projektin kokonaisuutta ajatellen
- visuaalisuus etenkin urakoitsijapuolella
- työsuunnittelu jo tarjousvaiheessa
- helpottaa määrälaskentaa ja materiaalihankintoja
- helpottaa detaljien suunnittelussa
- voidaan yhdistää aikatauluohjelmaan
- tehtäväsuunnittelu
- kustannustenhallinta
- voidaan hyödyntää kohteen markkinoinnissa
- työmaan- ja turvallisuuden suunnittelu
- laadunvarmistus
- muutostenhallinta työmaalla
- suunnitteluvaiheessa tietomallien yhteensovittaminen paljastaa virheet ja törmäykset
- mittojen ottaminen työmaalla

Kaiken kaikkiaan haastateltavilta selvisi, että tietomalleja voidaan hyödyntää lähes kaikissa rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnan toiminnoissa. Toisaalta pari haastateltavaa korosti tässä yhteydessä tarvittavan tiedon tai tietolähteen puuttumista, jotta kaikki

hyöty ja ominaisuudet tietomalleista saataisiin käyttöön. Toinen kyseisistä haastateltavista totesikin tietomallien olevan laajassa käytössä lähinnä 3D-mallintamisessa ja koordinoinnissa Suomessa. Muilla osa-alueilla, kuten aikataulutuksessa ja esivalmistuksessa käyttö on huomattavasti vähäisempää johtuen muun muassa tarvittavan tiedon puuttumisesta.

Tarvittavat apuvälineet

Tietomallien hyödyntäminen edellyttää tiettyjen apuvälineiden käyttöä. Perinteisten tietomallintamis-ohjelmistojen lisäksi korostettiin mobiiliteknologian ja erilaisten tietomallien katseluohjelmien merkitystä. Yksi haastateltavista totesi eri ohjelmistojen demo-versioita käyttämällä pääsevän jo hyvin pitkälle. Excel-tilukkolaskentaohjelmisto nousi saman haastateltavan toimesta esiin hyvänä alustana tietomallista saatavan tiedon siirtämiselle. Edellä mainittujen lisäksi useampi haastateltava mainitsi riittävän tehokkaan tietokoneen ja tietotekniikan välttämättömäksi apuvälineeksi. Lisäksi mainittiin joiltakin työmailta löytyvät BIM-kioskit, jotka ovat säänkestäviä, kosketusnäytöllä varustettuja tietokoneita, joista rakentajat ja asentajat pystyvät tarkastelemaan tietomallia paikan päällä.

Toisaalta mainittiin tarvittavien apuvälineiden riippuvan tietomallintamisen laajuudesta ja tavoitteista kyseisessä projektissa. Yksi haastateltavista korosti alustan tarvetta kaikelle projektiin sisältyvälle tiedolle, johon on mahdollista kytkeä ja linkittää muita tarvittavia ohjelmistoja.

Vaadittu pohjatietämys

Tietomallien käyttö edellyttää pohjatietoja käyttäjältä. Useampi haastateltavista korosti tietomallinnuksen ja tietokoneen käytön perusosaamisen olevan riittävä. Esimerkkinä mainittiin yhden haastateltavan toimesta kaksi kertaa kahdeksan tunnin koulutuksen olevan riittävä.

Kaksi haastateltavista mainitsi perusosaamisen lisäksi spesifioidun tiedon opettamisen ja osaamisen eri ammattikunnille ja eri toimijoille hankkeessa riippuen tietomallien käyttötarkoituksesta. Tässä yhteydessä yksi haastateltavista mainitsi kyseisen asian olevan pohdinnassa Building SMART Finlandin koulutusryhmässä. Sertifioitu hanke on tällä hetkellä menossa osaamistavoitteiden luomiseksi eri ammattikunnille. Lisäksi esiin nousi rakennustyömaalla työskentelevien työmiesten, kuten kirvesmiesten ja putkimiesten kouluttaminen.

Toinen selkeästi useamman haastateltavan korostama pohjatieto tietomallien käytölle on ymmärrys rakennusprojektin kokonaisuudesta, rakentamisesta ja rakenteista eli käyttäjän ammattitaito omasta alastaan on olennaista. Kun ymmärtää mitä ollaan tekemässä, niin se jo itsessään on tärkein pohjatieto tietomallien käytölle ja samalla ohjelman käytön opiminen nopeutuu. Edellä mainittujen asioiden lisäksi kommunikointitaitojen ja uskalluksen merkitys nousivat esiin tietomallien käyttöön liittyen.

4.3.3 Tietomallipohjainen rakennustuotannon opetus

Huomioitavaa tämän teema-alueen haastatteluaineiston koonnissa ja myöhemmässä vaiheessa analysoinnissa on Uudessa-Seelannissa tapahtuvan rakennustuotannon opetuksen poikkeaminen Suomen vastaavasta. Erona kotoiseen järjestelmään on tuotantopuolen eriyttäminen kokonaan insinööritieteistä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että suurin osa rakennustuotantoa opiskelevista ei ole koskaan opiskellut insinööritietä. Pääosa heistä valmistuu kustannuslaskijoiksi sekä työmaan johtotehtäviin toimistoon tai mahdollisesti työmaalle. Edellä mainitut tiedot on saatu haastateltavalta Skype haastattelun yhteydessä.

Tietomallipohjainen opetus osana kokonaisuuden hallinnan opetusta

Tietomallipohjaisen opetuksen yhdistämiseen kokonaisuuden hallinnan opetuksen tueksi ei ole yhtä ainoaa oikeaa tapaa. Seuraavassa on esitetty varsin monipuolisesti näkemyksiä ja tietoa, kuinka asia on hoidettu tai tulisi toteuttaa.

Molemmat ammattikorkeakouluissa toimivat opetusalan henkilöt olivat vahvasti sitä mieltä, että tämän tulisi tapahtua eri tasoisten tietomallien kautta. Tampereen ammattikorkeakoulussa työskentelevä henkilö kertoi, kuinka hän ollut mukana luomassa Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus RATEKO:lle virtuaalimaailmaa, joka sisältää eri tasoisia tietomalleja eri tasoista kohteista, jotka puolestaan on pyritty luomaan mahdollisimman lähelle todellisuutta vastaavia. Tätä kautta oppilaitos pystyy hyödyntämään malleja eri vaiheissa rakennustuotannon opetusta. Myös Metropolia Ammattikorkeakoulussa hyödynnetään jossain määrin RATEKO:n virtuaalimaailmaa. Toisaalta kyseisestä haastattelusta kävi ilmi, kuinka malleja kaivattaisiin enemmän myös rakennusteollisuuden kautta suoraan. Lisäksi haastateltava piti vuonna 2012 julkaistuja Yleisiä Tietomalli Vaa- timuksia erittäin tärkeänä ja niiden tulisikin olla keskiössä opetuksessa.

Aalto-yliopiston haastattelun osalta asia nähtiin niin, että tietomallipohjainen opetus tulee tuoda eri tasoilla mukaan opetukseen sen eri vaiheissa. Alkuvaiheessa selvitetään perustavaa laatua olevia asioita tietomallintamisesta ja miten se liittyy rakennusprojektin hallinnan eri vaiheisiin. Olennaista on saavuttaa oppilailla selkeä kokonaiskuva tietomallintamisesta ja sen roolista rakennushankkeessa. Tietomallintamiseen liittyviä ohjelmistoja esitellään myös tässä vaiheessa, mutta itse ohjelmat eivät ole keskiössä vaan niiden käytön opetteleminen tapahtuu pääosin itsenäisesti. Opintojen myöhemmässä vaiheessa tietomalleja tulisi käyttää tukemassa tiimityöskentelyä, koordinointia ja tiedonjakamista osana projekti- ja ongelmalähtöistä oppimista.

Uudessa-Seelannissa työskentelevä opetusalan henkilö painotti, kuinka tietomallipohjaisen opetuksen tulisi olla luonnollinen osa rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnan opetusta. Rakennustuotannon puolelta hän mainitsi esimerkkinä eri tasoisten mallien hyödyntämisen perinteisten 2D-kuvien sijasta aikataulusuunnittelussa. Samoilla linjoilla olivat myös Mittaviiva Oy:ssä työskentelevät henkilöt. Ydinosaamisen ja kokonaisuuden

opettamisen tulisi olla keskiössä rakennustuotannon opetuksessa, mutta mallit voisivat olla luonnollisena osana tukemassa tätä integroituna osaksi kursseja ja kokonaisuutta. Lisäksi tietomallien hyödyntäminen vuorovaikutus-, ongelmienratkaisu- ja vuorovaikutustaitojen tukena olisi järkevää. Ehdotuksena tuli yksi yhteinen tietomallintamiseen keskittyvä kurssi opintojen alkuvaiheessa kaikille pakollisena. Tämän jälkeen opetuksen tulisi keskittyä käytännön osaamisen opettamiseen, jota tuettaisiin tarvittaessa eri tasoilla malleilla.

Vaadittavat pohjatiedot

Tietomallipohjainen opetus asettaa vaatimuksia opiskelijoiden pohjatietämykselle. Tätä asiaa ei kuitenkaan koettu vastaajien mielestä ongelmalliseksi. Esiin nostettiin parin haastateltavan toimesta tietokoneen käytön perustaidot ja hiukan rakennusalan kokemusta ja tietämystä materiaaleista. Yksi haastateltavista huomautti tietomallien vaativan vähemmän ymmärrystä rakentamisesta kuin perinteisten 2D-kuvien, koska mallien avulla pystytään kommunikoimaan rakentamiseen liittyvät asiat selkeämmin ja tehokkaammin.

Useampi haastateltavista kannatti mallia, jossa tietomallintaminen tuodaan asteittain ja eri tavalla mukaan koulutuksen eri vaiheissa. Koulutuksen alussa on tärkeää luoda pohjatietämys mallintamiselle sekä ymmärrykselle tietomallintamisen yhdistymisestä projektin hallintaan ja sen eri vaiheisiin. Nämä asiat luovat edellytykset muun muassa mallien hyödyntämiselle jatkossa sekä ohjelmistojen itsenäiselle opiskelulle. Konkreettisena esimerkkinä selvisi, että Tampereen ammattikorkeakoulussa rakennustuotannon opiskelijat käyvät mallintamisen peruskoulutuksen. Tämä antaa valmiudet tietomallien hyödyntämiselle myöhemmässä vaiheessa koulutusta erilaisten työmaasuunnitelmien teossa ja esimerkiksi tuotannonsuunnittelussa ja -ohjauksessa.

Perusteita tietomallien käyttöönotolle

Haastateltavilla oli selkeitä perusteita tietomallien käyttöönotolle opetuksen tueksi. Tärkeimpänä he totesivat tietomallintamisen lisääntymisen ja vahvistumisen rakentamisessa. Ihmisten ammattitaitoa tulee kohentaa vastaamaan työelämän haasteita. Se on suurilta osin vaikuttanut tietomallipohjaisen opetuksen vahvistamiseen ja lisäämiseen.

Unitec Institute of Technology:ssa yksi syy mallien käyttöönotolle on ollut niiden käyttäminen virtuaalisina sanakirjoina juuri aloittaneille opiskelijoille tietyn lähtötason saavuttamiseksi. Muita haastatteluista esiin nousseita syitä olivat havainnollistamisen parantaminen, kontekstin lisääminen ammattiaineisiin sekä kommunikoinnin parantaminen.

Hyödyntämiskohteet ja -tavat

Seuraavassa on kartoitettu tilannetta, missä kursseissa ja millä tavoin tietomalleja hyödynnetään Aalto-yliopistossa, Metropolia Ammattikorkeakoulussa, Tampereen ammattikorkeakoulussa sekä Unitec Institute of Technology:ssa. Pääosin tiedot ovat erittäin kattavat.

Aalto-yliopistossa on tällä hetkellä *kolme* kurssia tarjolla, joissa hyödynnetään tietomalleja. Ensimmäisenä on kandidaatinvaiheeseen sijoittuva tietomallintamisen peruskurssi, joka toimii alustavana kurssina. Kurssin tarkoituksena on antaa opiskelijoille perustavaa laatua olevia ajatuksia siitä, mitä tietomallintaminen on ja miten se liittyy rakennusprojektin hallinnan eri vaiheisiin ja hankkeeseen kokonaisuutena. Pari tietomallintamiseen liittyvää ohjelmistoa esitellään myös kurssin aikana.

Toisena kurssina on tänä vuonna ensimmäistä kertaa opinto-ohjelmassa oleva maisterivaiheen opiskelijoille suunnattu kurssi. Kurssi toimii huipentavana ja integroivana kurssina kandidaatinvaiheen peruskurssille. Projekti- ja ongelmalähtöinen oppiminen ovat kurssilla keskiössä. Käytännössä tämä tarkoittaa muun muassa ryhmätyöskentelyä, koordinointia ja tiedon jakamista opiskelijoiden välillä.

Kolmantena on kandidaatin-, maisteri- ja tohtorivaiheen opiskelijoille avoin tietomallintamisen kesäkoulu. Kurssilla käsitellään siihen liittyviä ajankohtaisia aiheita yhdessä opiskelijoiden kesken.

Edellä mainituilla kursseilla käytetään joitakin ulkoisia tietomalleja esimerkkeinä tukemaan käsiteltäviä aiheita. Lisäksi niillä pyritään antamaan eri näkökulmia tietomallintamisesta.

Metropolia Ammattikorkeakoulussa on ollut vuonna 2006, kun haastateltava aloitti työnsä siellä, tietomallintamisen peruskurssi sekä tähän liittyvä jatkokurssi. Nämä otsikoilla varustetut kurssit ovat todennäköisesti palaamassa opetusohjelmaan. Haastateltavalla ei ollut haastattelutilanteen hetkellä tarkkaa tietoa, missä ammattiaineissa tietomalleja hyödynnetään rakennustuotannon opetuksessa, mutta mallien käyttöä tapahtuu jossain määrin. Haastattelusta selvisi kuitenkin, että rakennusinsinöörien yhteisissä perusopinnoissa eri taseoisia tietomalleja hyödynnetään muun muassa betoni-, puu- sekä teräsrakenteiden opintojaksoilla. Mallien käyttötarkoitus edellä mainituilla jaksoilla on havainnollistaa asioita, kuten erilaista liitoksia. Tämä puolestaan helpottaa liitosten mitoittamista. Haastateltava tiesi kertoa, että rakennustuotannon ammattiaineissa eri taseoisia tietomalleja hyödynnetään muun muassa määrien ja kustannusten laskennassa sekä aikataulusuunnittelun tukena.

Tampereen ammattikorkeakoulussa tietomallit ovat käytössä lähes kaikissa rakennustuotannon ammattiaineissa jossain määrin. Käyttökohteita ovat ainakin kustannuslaskenta,

tuotannonsuunnittelu ja –ohjaus sekä tehtäväsuunnittelu. Talotekniikka puolella rakennusarkkitehtien luomia malleja käytetään pohjana yhdistelmämallien luomiselle.

Eri tasoisia tietomalleja hyödynnetään tuotantopuolella havainnointiin sekä toteutuksen, määrien, paikkajaon ja työmaasuunnittelun tukena. Kustannuslaskennassa tietomallin kautta luodaan kytkentä Taku-järjestelmään. Taku sisältää tavoitehintamenettelyn, jonka avulla voidaan esimerkiksi laskea uudis- tai korjaushankkeen budjetit ja tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheissa.

Unitec Institute of Technology:ssa eri tasoiset tietomallit ovat mukana opetuksessa eri tavoilla eri vuosikursseilla. Ensimmäisenä vuotena on teoreettista keskittyen tietomallinnuksen terminologiaan, haasteisiin ja hyötyihin. Teknologia kursseissa on erilaisten rakenteiden oppimista tietomallien avulla.

Toisella vuosikurssilla jatketaan rakenteiden oppimista. Lisäksi rakennustuotannon opiskelijat työskentelevät yksinkertaisten mallien parissa. Tähän sisältyy aikataulun simulointia ja analysointia sekä työmaan aluesuunnittelua. Tietomallien käyttöä tarkastellaan myös rakentamisen turvallisuuden ja laadun parantamiseen.

Kolmantena vuonna teollisuuden puolelta tullaan opettamaan kustannuslaskentaa. Tuotannon opiskelijat jatkavat aikaisempaa vaativampien kohteiden parissa. Tämä tarkoittaa sisällöltään monipuolisempien mallien parissa työskentelyä.

Edellä mainittujen lisäksi on tarjolla vapaavalintainen Advanced BIM in construction nimellä kantava kurssi. Kyseisellä kurssilla käsitellään enemmän kokonaisuutta ja miten eri osakokonaisuudet liittyvät toisiinsa. Haastateltava mainitsi lopuksi tietomallintamisen olevan erittäin suosittu aihe lopputyökurssilla.

Positiivisia kokemuksia kursseista

Tietomallipohjaiset kurssit ovat keränneet suurilta osin positiivista palautetta opiskelijoilta. Haastateltavat olivat havainneet selkeästi onnistuneet kokonaisuudet.

Aalto-yliopistossa erityisen positiivista palautetta on saanut tietomallintamisen kesäkoulu. Syynä haastateltava piti tähän onnistunutta tietomallintamiseen liittyvien ajankohtaisten aiheiden käsittelyä ja tapaa, miten ne on tuotu esille. Myös kandidaatin vaiheen peruskurssi on saanut positiivista palautetta. Sen on koettu toimivan hyvänä ponnahduslautana jatkoa ajatellen. Maisterivaiheen kurssista ei luonnollisesti ollut vielä tässä vaiheessa kokemuspohjaa.

Käytännössä edellä mainitut asiat ovat näkyneet opiskelijoiden motivaatiossa kehittää ja haastaa itseään aiempaa enemmän ja aktiivisuudessa ylipäättään. Motivaatiota kohotta-

vana tekijänä on myös toiminut tietojen ajankohtaisuus siitä, missä teollisuudessa mennään tällä hetkellä. Näin ollen opiskelijat tietävät nykyisen opetuksen suunnan olevan oikea.

Metropolia Ammattikorkeakoulussa oli havaittu antoisan ja haastavan harjoitustyön sisältävien kurssien onnistuneen kauttaaltaan hyvin. Oleellista onnistumisen kannalta on ollut töiden ohjaaminen vain tarvittavissa määrin. Suurin osallistumisvastuu vastuu on ollut opiskelijoilla. Kaikki yritysten kanssa toteutetut yhteistyökurssit ovat olleet menestyksellisiä ja ne ovat yleensä sisältäneet edellä mainitun kaltaisen harjoitustyön.

Tampereen ammattikorkeakoulussa palaute on haastateltavan mukaan ollut kauttaaltaan hyvää tietomallipohjaisista kursseista. Syynä tähän on simulaatioiden vastaaminen hyvin lähellä todellisia tilanteita. Tätä tukee uusimmat käytössä olevat tekniikat. Käytännössä opiskelijoista on huomannut motivoituneemman otteen tekemiseen.

Unitec Institute of Technology:n vapaavalintainen Advanced BIM in construction kurssi on haastateltavan mukaan onnistunut selkeästi parhaiten. Syynä tähän on kurssin keskittyminen kokonaisuuden ja siihen liittyvien osa-alueiden hahmottamiseen. Itse tietomallit eivät ole tässä kurssissa keskiössä. Muiden kurssien kohdalla on tahtonut jäädä liian yksipuolinen kuva tietomallintamisesta.

Käytännössä tämä on näkynyt enenevä aikana laboratorioissa. Tämä on puolestaan paljastanut nykyisten tilojen soveltumattomuuden ryhmitöihin. Haastateltava mainitsi tässä yhteydessä haluavansa nähdä tulevaisuudessa rakennustuotannon, insinööritieteiden ja arkkitehtuurin opiskelijoiden työskentelevän enemmän yhdessä.

Ongelmia ja haasteita

Tietomallien yhdistäminen opetukseen ei ole ongelmaton. Vastauksista selvisi hyvin kattavasti sen asettamia haasteita.

Useampi haastateltavista nosti esiin etenkin korkeatasoisempien tietomallien saatavuuden ongelmaksi. Etenkin rakennusteollisuuden puolelta tämä on usein ollut erittäin haastavaa ja tähän yhteistyöhön toivottiinkin selkeää parannusta tulevaisuudessa. Yritysyhteistyön kasvattamista pidettiin tärkeänä myös siitä syystä, että siellä on viimeisin ajankohtainen tieto tietomallintamisesta. Toisaalta Tampereen ammattikorkeakoulussa ongelmien koettiin olevan lähinnä sovelluspohjaisia, jotka saadaan yleensä ratkottua hyvinkin nopeasti.

Ongelmat tietomallien saatavuudessa ovat aiheuttaneet haasteita niin ajallisiin kuin henkilöstön resursseihin, koska jonkun on pitänyt luoda malli. Myös opettajien ammattitaidon puutteellisuus ja muutosvastarinta nostettiin vahvasti esiin tässä yhteydessä. Tietomallien integroiminen osaksi ammattiaineiden ja muiden kurssien sisältöä on tuottanut myös ongelmia jossain määrin. Yksi haastateltavista oli havainnut, että jos tietomallinta-

mista ei ole mainittu kurssin otsikossa, niin tämä on johtanut monesti tietomallien poistamiseen, vaikka niitä varten olisi varattu yksi ylimääräinen opintopiste kurssin kokonaissuudessa. Muita haastatteluista selvinneitä haasteita ja ongelmakohtia on lueteltu alla:

- oikean tiedon suodattaminen suuresta määrästä tietomallintamiseen liittyvää tietoutta
- mallien vaatimustason määrittäminen eri vaiheissa opintoja
- opiskelijoiden tietotekniset taidot jossain määrin puutteellisia
- opetustilojen riittämättömyys ja pienuus kasvavien opiskelijamäärien suhteen
- vaihto-opiskelijoiden mukaan saaminen, kun on jäänyt oleellisia kursseja välistä
- henkilöstön kouluttaminen
- oikeiden henkilöiden löytäminen vastaamaan tiettyihin kysymyksiin

4.3.4 Tulevaisuuden näkymät

Suuntaviivoja opetukselle

Tietomallipohjaiselle opetukselle nähtiin selkeitä tulevaisuuden suuntauksia. Seuraavassa käsitellään haastateltavien näkemyksiä korkeakoulukohtaisesti.

Metropolia ammattikorkeakoulussa kaivattiin entistä enemmän yritysyhteistyötä. Tämä ilmeni jo haasteita ja ongelmia kysyttäessä. Yrityksistä voisi tulla kouluttajia kertomaan sen hetkistä teollisuuden tarpeista, jotta ajankohtaisuus pysyisi.

Tampereen ammattikorkeakoulussa suunnan koettiin tällä hetkellä olevan oikea. Lähinnä pohdinnassa oli hankinta Vico Office ohjelmistopakettien suhteen. Haastateltava totesi investoinnin olevan todennäköinen vaihtoehto, mutta siinä tapauksessa pitää ratkaista yhdistetäänkö ohjelmisto jo olemassa oleviin kursseihin, vai luodaanko sille oma kurssinsa.

Aalto-yliopistossa tähän nähtiin monia mahdollisuuksia. Yksi vaihtoehto on mahdollistaa itseoppimista niin paljon kuin mahdollista ajallisen puutteen vuoksi. Toinen asia on tasa-painottaa alan tuntemus työkalujen tuntemuksen kanssa. Rakentamisen, teknologian ja rakentamisen hallinnan yhteys tarvittaviin työkaluihin on heikko tällä hetkellä. Asiaan ollaan kehittämässä oppimisalustaa, jossa olennaista on kuinka oppilaat jakavat tietoa keskenään. Haastateltava totesi projekti- ja ongelmalähtöisen oppimisen tukevan hyvin tiedon jakamista. Yritysyhteistyön merkitystä korostettiin, koska siellä päässä on paljon tietoa ja osaamista tietomallintamisesta, joka pitäisi jakaa opiskelijoiden käyttöön.

Unitec Institute of Technology:ssa toivottiin tietomallien ja –mallintamisen tuleamista luonnollisemmaksi osaksi kursseja. Tämä tarkoittaisi tietomallien käyttöä siellä, missä ne oikeasti tukevat opetusta ja niille on tarvetta. Väkisin niitä ei tulisi integroida kurssien sisältöön. Lisäksi haastateltava toivoi enemmän kursseja tuotannon, insinööritieteiden ja arkkitehtiopiskelijoiden kesken.

Digitalisaation rooli

Digitalisaatio näyttelee merkittävää roolia kehityksessä. Haastateltavat nostivat seuraavia asioita ja kysymyksiä esiin alla luetteloituna:

- uusia innovaatioita tulee koko ajan, mutta hyväksi havaitut ratkaisut tulisi saada nopeammin käyttöön, joka puolestaan vaatii muutosta ajattelussa
- kaikki tulisi olla jatkossa digitaalisessa muodossa, esimerkkinä projektipankki-pohjainen malli
- mobiilisovellusten käyttö yleistyy
- kuinka paljon kasvokkaista vuorovaikutusta ja fyysistä läsnäoloa tarvitaan
- tietomallintaminen tulisi integroida vakio työkaluksi osaksi normaalia projektin-hallintaa
- kuinka digitalisaation kasvava rooli pystytään suhteuttamaan muuhun toimintaan järkevästi

Opetusmetodien kehittyminen

Opetusmetodien tulee mukautua kehityksen mukana. Seuraavassa on käyty lävitse haastateltavien näkemyksiä korkeakoulukohtaisesti jaoteltuna.

Metropolia ammattikorkeakoulussa uskotaan oppilaiden osallistumisen ja omatoimisuuden lisääntyvän digitalisaation kehityksen myötä. Tietoa tullaan hakemaan enemmän itsenäisesti. Perinteisen opetuksen koetaan olevan menossa tähän suuntaan.

Tampereen ammattikorkeakoulusta todettiin lähituntien olevan edelleen tarpeellisia. Digitalisaatio ei poista ihmisten välisten kommunikaation tarvetta vaan ne tukevat yhdessä toisiaan. Opetuksen todettiin olevan jatkossa edelleen yhdistelmä molempia. Digitalisaation tarjoamat työkalut toimivat vain helpottavina apuvälineinä.

Aalto-yliopistossa koettiin muutoksen olevan jo käynnissä. Tietoa on todella paljon saatavilla tällä hetkellä, joten avain asemassa on mitä opetetaan ja tehdään luokassa. Opetus kehittyy enemmän molemminpuolisen vuorovaikutuksen pohjalle, missä kasvatetaan motivaatiota ja esitetään perustavaa laatua olevia kysymyksiä tärkeistä aiheista. Opettajan rooli olisi enemmän motivoiva puhuja ja mentori. Olennaista on, että opiskelijat tietävät mistä saa oikeaa tietoa.

Unitec Institute of Technology:ssa toivottiin koulutusohjelmien välisten rajojen poistamista ja kommunikointi taitojen korostamista. Tietomallintaminen edesauttaa projekti-, prosessi- ja ongelmalähtöisten kurssien vetämistä. Prosessit sen ympärillä tulevat korostumaan. Tietotekniikka ylipäättään tulee olemaan luonnollisempi osa opetusta.

5. MOBIILILAITTEET JA TIETOMALLIT PÄIVITTÄIS- SESSÄ TYÖMAAJOHTAMISESSA

Tässä luvussa käydään luvun neljä tapaan lävitse tutkimuksessa käytetty tutkimusmenetelmä sekä kuinka tutkimus toteutettiin. Tämän jälkeen esitellään haastattelurungon teema-alueet sekä niiden tiedolliset tavoitteet. Lopussa kootaan haastatteluista saadut aineistot teema-alueittain. Haastatteluaineisto on analysoitu luvussa kuusi.

5.1 Tutkimusmenetelmän esittely

Tässä tutkimuksessa suoritettiin kahden rakennusalan yrityksen yhteistyön avulla teorian tueksi haastatteluja paremman nykytilanteen kuvauksen muodostamiseksi. Haastattelut olivat luonteeltaan *teemahaastatteluita*. Diplomityön luvussa neljä on esitelty teemahaastattelun erityispiirteet.

5.2 Tutkimuksen toteutus

Tutkimusta varten valikoitiin yhdessä diplomityön ohjaajan kanssa kaksi rakennusalan yritystä, joiden tiedettiin hyödyntävän mobiiliteknologiaa rakennustuotannossa. Lisäksi olennaista oli tieto yritysten jatkuvasta kehitystyöstä kyseisellä sektorilla. Yritykset ovat Fira Oy sekä Skanska Oy. Tampereen teknillisellä yliopistolla on myös aikaisempaa yhteistyöhistoriaa kyseisten yritysten kanssa.

Oleellista tässä tutkimuksessa ei ollut niinkään haastatteluiden paljous vaan niiden kohdistaminen oikeiden henkilöiden kohdalle viimeisimmän tiedon saamiseksi. Tarkoituksena oli selvittää mobiililaitteiden ja -sovellusten roolia päivittäisessä työmaajohtamisessa ja etenkin tietomallipohjaisten ratkaisujen osuutta tästä. Tutkimuksesta saadut haastatteluaineistot ovat merkittävässä roolissa päivittämisen työmaajohtamisen tietomallipohjaisia mobiiliratkaisuja koskevan harjoitustehtävän aikaansaamisessa kurssille rakennustuotannon ohjaus.

Tutkimus aloitettiin diplomityön ohjaajan oltua ensin kyseisiin yrityksiin yhteydessä oikeiden kontaktien luomiseksi. Tämä tapahtui vasta kun kaikki haastattelut oli suoritettu edellisen tutkimuksen osalta. Haastattelututkimus alkoi tapaamisella Fira Oy:n yhteyshenkilön kanssa. Tätä kautta saatiin jo yleiskuva mobiiliteknologian käytön laajuudesta yrityksessä. Tapaamisessa sovittiin haastattelurungon (lopullinen haastattelurunko tutkimuksen liitteenä D) luomisesta sekä työmaista, joissa olisi mahdollista vierailla asian tiimoilta suorittamassa haastatteluja. Kun teemahaastattelurunko oli hyväksytetty yhteyshenkilöllä, oli mahdollista sopia haastatteluista. Lopulta päädyttiin kahteen rakennusprojektiin, joissa tiedettiin käytettävän tietomallipohjaista mobiiliteknologiaa. Kyseiset sillä

hetkellä käynnissä olleet kohteet olivat Helsingissä sijaitsevat Karavaanikujan uudisrakennuskohde sekä Yleisradion Ison Pajan saneerauskohde. Ison Pajan työmaalta haastateltavat olivat vastaava työnjohtaja sekä työnjohtaja. Karavaanikujan työmaalta haastateltiin vain työmaainsinööriä. Yhteensä haastateltavia kertyi siis kolme henkilöä.

Skanska Oy:n puolelta ohjattiin oikeaksi henkilöksi rakentamisen prosessin kehittäjänä toimiva projektipäällikkö. Kyseisen henkilön toimenkuvaan sisältyy mobiilipuolen työmaasovellusten kehittäminen. Haastattelu suoritettiin aiemmin luodun teemahaastattelurungon pohjalta. Tämän lisäksi haastateltava kertoi mobiiliteknologian roolista yrityksessä laajemmassa skaalassa. Muita henkilöitä ei Skanska Oy:ltä haastateltu. Toisaalta siihen ei myöskään koettu tarvetta, koska haastatellulla henkilöllä on suora kontakti työmaille ja viimeisin tieto mobiiliteknologiaan liittyvissä asioissa kyseisessä yrityksessä.

Haastattelurungon luominen tapahtui edellä käsitellyn tutkimuksen tapaan teema-alueiden pohjalta. Aloituksena toimii tässäkin tapauksessa kevyt henkilökuva. Tämän jälkeen siirrytään sisällön kannalta oleellisiin aiheisiin, jotka ovat päivittäinen työmaajohtaminen ja tietotekniikka, työmaajohtamisen tietomallipohjaiset mobiiliratkaisut sekä muut työmaajohtamisen mobiiliratkaisut. Haastattelun loppuun käsitellään kehityskohteita ja tulevaisuuden näkymiä lyhyesti.

Kaikki neljä haastattelua suoritettiin yksilöhaastatteluina. Fira Oy:n työmaahenkilöstöä haastateltiin edellä mainituilla työmailla ja Skanska Oy:n yhteyshenkilöä puolestaan yrityksen pääkonttorilla. Tilanteiden nopeuttamiseksi kaikki nauhoitettiin kokonaisuudessaan. Litterointi suoritettiin äänitallenteiden pohjalta. Tästä saadut haastattelumuistiot hyväksytettiin kaikilla haastateltavilla ennen materiaalin hyödyntämistä tutkimuksessa.

5.3 Haastatteluaineiston koonti

Suoritettut neljä haastattelua sekä lisäksi tapaaminen Fira Oy:n yhteyshenkilön kanssa tarjosivat riittävän kattavan kuvan mobiiliteknologian ja siihen liittyvien tietomallipohjaisten ratkaisujen hyödyntämisestä yrityksissä. Lisäksi saatiin selkeitä näkemyksiä kehityskohteista ja mobiililaitteiden käyttöön liittyvistä haasteista ja vaatimuksista.

Haastatteluaineiston koonti on suoritettu teema-alueittain henkilökuva lukuun ottamatta. Tämän lisäksi selvitetään alkuun omassa alaluvussa yleiskuva mobiiliteknologian roolista yrityksissä ennen siirtymistä varsinaisiin haastattelurungon teema-alueisiin. Vastauksia on eroteltu yrityskohtaisesti, kun siihen koettu tarvetta.

Henkilökuvan pääasiallisena tarkoituksena oli varmistaa henkilön toimenkuva yrityksessä. Aiemman haastattelututkimuksen tapaan oleellisinta oli saada haastattelutilanne sujuvasti käyntiin kevyemmällä kysymyksillä.

Päivittäisellä työmaajohtamisen ja tietotekniikan teema-alueella tärkeintä oli selvittää henkilöiden näkemyksiä päivittäisen työmaajohtamisen sisällöstä ja sen osuudesta rakennushankkeen kokonaisuudessa. Tämän ohella oli tärkeää saada tietoa tietotekniikan ja mobiililaitteiden osuudesta kokonaisuudessa ja vaatimuksista, joita sujuva käyttö asettaa muun muassa tietoteknisille yhteyksille.

Työmaajohtamisen tietomallipohjaisilla mobiiliratkaisuilla keskityttiin nimenomaan tietomallien ja niitä koskevien mobiilisovellusten rooliin päivittäisessä työmaajohtamisessa. Tärkeää oli selvittää mitä asioita tietomallipohjaisista sovelluksista pystytään hyödyntämään ja vaatimuksia se asettaa itse käytössä olevalle tietomallille.

Muut työmaajohtamisen mobiiliratkaisut teema-alue kartoittaa mitä muita mobiilisovelluksia yrityksissä on käytössä tuotannon ohjauksen tukena. Sovellusten lisäksi tiedusteltiin älypuhelin tai tablettien muista käyttökohteista työmaahenkilöstön osalta.

Kehityskohteet ja tulevaisuuden näkymät osio toimi lopetuksena teemahaastatteluille. Tällä haluttiin selvittää henkilöiden näkemyksiä nykyisten käytössä olevien sovellusten parannuskohteista. Haastateltavilta kysyttiin myös kaipaavatko he jotain uutta olemassa olevaa sovellusta nykyisten tueksi.

5.3.1 Mobiiliteknologian rooli yrityksissä Fira ja Skanska Oy

Haastattelujen yhteydessä selvisi mobiiliteknologian ja siihen liittyvien laitteistojen ja sovellusten olevan suuressa roolissa molempien yritysten rakennustuotannossa. Fira Oy:n yhteyshenkilö selvitti sillä hetkellä olevan 55 kappaletta tabletteja käytössä työmailla. Käytännössä kaikilla työnjohtajilla pitäisi olla oma tabletti. Lisäksi uusien laitteiden hankintaan on investoitu halukkaasti, kun siihen on ollut tarvetta.

Haastateltava Skanska Oy:stä kertoi heillä olevan jo satoja tabletteja työmaakäytössä. Pyrkimyksenä on sama kuin Fira Oy:llä eli kaikilla työnjohtajilla tulisi olla oma tabletti käytössä. Molemmissa yrityksissä oli päädytty saman valmistajan eli Apple:n taulutietokoneiden käyttöön, koska se oli todettu toimivimmaksi mobiilipuolella. Molemmilla on käytössä kyseisen valmistajan iPad sarjan tabletteja, jotka käyttävät Apple:n omaa iOS-käyttöjärjestelmää.

Molemmissa yrityksissä on käynnissä omia yhteistyöprojekteja eri yritysten kanssa nykyisten ja uusien sovellusten kehittämiseksi ja luomiseksi. Lisäksi selvisi, että tällä hetkellä työmaajohtamisen tukena on jo useita sovelluksia kummassakin yrityksessä ja esimerkiksi perinteisten paperikuvien käyttäminen on tämän myötä vähentynyt työmaalla merkittävästi. Seuraavissa alakappaleissa perehdytään tarkemmin varsinaisen haastateltavuineiston sisältöön ja sitä kautta saadaan yksityiskohtaisempi kuvaus mobiililaitteiden ja sovellusten käytöstä päivittäisessä työmaajohtamisessa.

5.3.2 Päivittäinen työmaajohtaminen ja tietotekniikka

Kaikki haastateltavat näkivät päivittäisen työmaajohtamisen erittäin tärkeässä roolissa rakennushankkeen onnistumisen kannalta. Sitä pidettiin tärkeimpänä resurssina työmaalla. Yksi haastateltavista mainitsi pääurakoitsijan roolissa tärkeimpänä varmistumisen siitä, että saadaan sitä mitä on tilattu. Päivittäiseen työmaajohtamiseen sisältyvä aliurakoitsijoiden valvonta on tässä merkittävässä roolissa.

Muita merkittäviä tehtäviä nähtiin olevan ihmisten sekä työvaiheiden johtaminen, ohjeistaminen ja valvonta. Työvaiheiden suunnittelua ja aloitusedellytyksien varmistamista korostettiin. Isossa roolissa ovat myös aikatauluttaminen ja laadun- sekä kokonaisuuden hallinta ylipäätään. Detaljien huomioiminen ja asioiden raportointi mainittiin edellä mainittujen lisäksi.

Tietotekniikan roolin koettiin olevan olennainen osa ja suorastaan edellytys päivittäiselle työmaajohtamiselle. Kaksi henkilöä mainitsi, että noin 50-60 % päivästä menee tietoteknisten laitteiden parissa. Tässä yhteydessä kuitenkin yksi haastateltavista huomautti tietotekniikan olevan vain apuväline, eikä se korvaa ihmisten välisen vuorovaikutukseen, ongelman ratkaisutaitojen ja loogisen ajattelun tarvetta.

Yksi haastateltavista arvioi mobiililaitteiden osuuden olevan päivittäisestä tietoteknisten laitteiden käytöstä noin 30 %, mutta toistaiseksi suurin osa työskentelystä tapahtuu työmaatoimistoilla tietokoneen äärellä. Kaikki haastateltavat pitivät kuitenkin älypuhelinien ja tablettien osuutta merkittävänä ja sen nähtiin vielä entisestään korostuvan tulevaisuudessa. Oleellisena pidettiin niiden kulkemista mukana aina varsinaisella työmaalla liikuttaessa. Tämä mahdollistaa esimerkiksi suunnitelmien lukemisen, milloin ja missä tahansa sekä tukee ihmisten välistä vuorovaikutusta toisin kuin työmaatoimistolla oman tietokoneen äärellä työskentely.

Mobiililaitteiden sujuvalle käytölle haastateltavat mainitsivat 4G-yhteyden tai erillisen Wi-Fi-verkon eli langattoman yhteyden työmaalle. Käytettävien sovellusten viimeisimmät ohjelmistopäivitykset tulee myös olla asennettuna. Yksi haastateltavista kertoi heidän valinneen SIM-kortit ja 4G-yhteydet tabletteihin, koska Wi-Fi-verkko vaatii erillisten tukiasemien pystyttämistä työmaalle ja on näin ollen työläämpää ja haasteellisempaa. Samaa hengenvetoon haastateltava korosti myös mobiililaitteiden offline-käyttöä esimerkiksi maanrakennuspuolen tunnelitöissä, joissa yhteyttä verkkoon ei ole useinkaan mahdollista muodostaa. Työmaatoimistoissa käytetään kuitenkin langatonta verkkoa molempien yritysten osalta.

Kaksi haastateltavaa nosti hyvin esille, kuinka mobiililaitteiden sujuva käyttö ei aseta vaatimuksia pelkästään tietotekniikalle ja yhteyksille vaan olennaista on myös käyttäjien kouluttaminen ja jalkauttaminen. Tähän liittyvä jatkuva käytön ja käyttäjien tukeminen

on avain asemassa. Lisäksi toinen henkilöistä kertoi, kuinka yrityksen tasolla tulee päättää, mitä järjestelmiä tuetaan ja miten laitteiden käyttöönotto toteutetaan järkevästi.

5.3.3 Työmaajohtamisen tietomallipohjaiset mobiiliratkaisut

Molemmilla yrityksillä on käytössään sama tietomallipohjainen sovellus mobiililaitteille. Kyseinen mobiilisovellus on Tekla Field 3D. Skanska Oy on ollut aikoinaan mukana ohjelmiston kehittämisessä, joten se on ollut luonnollinen valinta heidän käyttöönsä. Haastateltava kertoi, että tarkastelua ja kokeilua muiden tietomallipohjaisten sovellusten osalta suoritetaan jatkuvasti, mutta toistaiseksi nykyinen käytössä oleva sovellus on todettu toimivimmaksi. Fira Oy:lla kerrottiin heidän siirtyvän käyttämään tulevaisuudessa Trimble Connect mobiilisovellusta tietomallien tarkasteluun. Kyseinen sovellus on ollut jo jonkin aikaa kokeilukäytössä eri työnjohtajilla.

Tietomallien rooli koettiin molempien yritysten haastateltavien kohdalla merkittäväksi päivittäisessä työmaajohtamisessa. Pääosa tietomallien käytöstä suoritetaan kuitenkin vielä omilla työpisteillä tietomallien katseluun ja tarkasteluun soveltuvien ohjelmien avulla. Esimerkiksi mahdolliset ongelmakohtat tarkastellaan asentajan kanssa vielä useimmiten mieluummin tietokoneelta työmaatoimistolla kuin mobiililaitteelta paikan päällä.

Tietomallin visuaalista merkitystä korostettiin haastateltavien toimesta, kun kysyttiin mitä asioita malleista pystytään hyödyntämään päivittäisessä työmaajohtamisessa. Käyttökohteiksi havainnollisuudelle todettiin muun muassa ongelmakohtien selventäminen poikkileikkauksilla, rakenteiden tarkastelut, suunnittelupalaverit, työkohteeseen tutustuminen sekä osoittamaan mitä on jo asennettu esimerkiksi elementtiasennuksen osalta. Muita haastatteluista esiin nousseita asioita olivat tietomallien käyttö määrälaskennan, hankintojen sekä työn suunnittelun ja johtamisen tukena. Yksi haastateltavista mainitsi, että mallia on periaatteessa mahdollista hyödyntää lähes kaikessa päivittäisessä työmaajohtamiseen liittyvässä toiminnassa.

Mobiililaitepuolella tietomallien käyttäminen rajoittuu tällä hetkellä käytännössä mallin visuaalisuuden hyödyntämiseen esimerkiksi ongelmakohtien päätöksenteon tukena. Haastatteluista nousi esiin myös määrien tarkastaminen mallista mobiililaitteella, mutta tämä rajoittuu käytännössä vain pieniin osakokonaisuuksiin.

Teema-alueen lopuksi haastateltavilta tiedusteltiin vaatimuksia tietomallille ja sen sisällölle, jotta sitä pystytään hyödyntämään mobiilisovelluksella. Pääasiassa haastateltavat näkivät mallin ajantasaisuuden ja luotettavuuden oleellisimmaksi lähtökohdaksi. Tämä tarkoittaa käytännössä, että rakennusprojektissa käytössä oleva yhdistelmämalli on ristiin tarkistettu ja havaitut virheet on korjattu. Se vaatii puolestaan jokaiselta suunnittelualalta oman osuutensa hoitamista ja jatkuvaa päivittämistä. Ylläpidon puutteellisuus nähtiin tietomallintamisen selkeäksi kompastuskiveksi.

Yksi haastateltavista huomautti, että mallin tietosisällölle ei ole suuria vaatimuksia koska mobiilikäyttö rajoittuu lähinnä visuaalisuuteen ja tietosisältö ei tule helposti esiin käytössä olevista sovelluksista. Kyseinen henkilö kertoi suurten tiedostokokojen aiheuttavan omat haasteensa mobiililaitteille johtuen näiden kapasiteetin vähyydestä. Tämä aiheuttaa mallitiedostojen pilkkomisen pienempiin osiin ja lohkoihin riippuen käynnissä olevan kohteen laajuudesta.

5.3.4 Muut työmaajohtamisen mobiiliratkaisut

Haastatteluista selvisi, että tietomallipohjaisten mobiilisovellusten lisäksi kummassakin yrityksessä on säännöllisessä käytössä muitakin sovelluksia mobiililaitteilla päivittäisen työmaajohtamisen tukena. Fira Oy:n työnjohdolla nämä applikaatiot ovat:

- yksi sovellus johon sisältyy: laadunvalvontaa, tehtävälistojen tekemistä, työntekijöiden ohjausta sekä muun muassa mestojen vastaanottoa ja luovutusta
- yksi sovellus resurssien hallintaan
- yksi sovellus työturvallisuuden mittaamiseen eli TR-mittaukseen

Edellä mainittujen lisäksi yksi haastateltavista mainitsi käyttäneensä videopohjaista mestojen katselmukseen tarkoitettua sovellusta. Lisäksi selvisi tietomallien linkittämisen laadunvalvonta ohjelmaan olevan kehitteillä.

Haastatteluista selvisi Skanska Oy:n työnjohdon käyttävän mobiilisovelluksia hyvin pitkälle samoihin päivittäisen työmaajohtamisen tehtäviin. Kyseiset mobiiliratkaisut on lueteltu seuraavassa:

- yksi sovellus vika- ja puutelistojen sekä muun muassa luovutusten tekemiseen
- yksi sovellus työturvallisuuden mittaukseen ja –havaintoihin
- lisäksi yksi sovellus tuotannonsuunnitteluun ja –ohjaukseen on sisäänajovaiheessa

Edellä luetelluista sovelluksista ainakin vika- ja puutelistat ohjelmisto tulee olemaan mahdollista linkittää tietomalleihin. Haastattelujen perusteella nousi esiin myös muita älypuhelin- ja tablettien käyttötarkoituksia työnjohdon tukena. Internet yhteyden avulla mobiililaitteita hyödynnetään ainakin seuraaviin asioihin:

- projektipankin suunnitelmien selaamiseen ja katseluun sekä muiden asennusohjeiden ja työselostuksien lukemiseen muun muassa
- pilvipalveluiden käyttämiseen
- sähköpostin ja valokuvien lähettämiseen sekä muuhun työmaan sisäiseen viestintään

Edellä mainittujen lisäksi mobiililaitteista hyödynnetään muitakin ominaisuuksia. Jatkuvassa käytössä ovat valokuvaus, laskin sekä muistio. Valokuvien jakaminen tapahtuu

usein viestintään tarkoitettujen applikaatioiden, kuten esimerkiksi Whatsapp-sovelluksen kautta.

5.3.5 Kehityskohteet ja tulevaisuuden näkymät

Haastattelujen perusteella oltiin pääosin tyytyväisiä käytössä oleviin mobiilisovelluksiin. Lähinnä esiin nousi käytettävyyden ja tähän liittyvän automatiikan parantaminen. Helpokäyttöisyyttä korostettiin työmaolosuhteissa. Yksi haastateltavista kertoi kaipaavansa parannusta tietomallipohjaisiin sovelluksiin siinä suhteessa, että mallin tietosisältö tulisi paremmin esiin. Esimerkiksi jos mallista löytää yhdenlaisen laattatyypin, niin olisi oleellista saada tietoa missä huoneissa kyseistä laattaa esiintyy ja kuinka monta neliometriä. Tämä olisi selkeä työnjohtoa helpottava väline resursoinnissa ja työnjohtamisessa. Itse mobiililaitteiden osalta yksi henkilö mainitsi heikkojen sääolosuhteiden, kuten märkyyden ja kylmyyden heikentävän merkittävästi niiden käyttöä.

Kysyttäessä työnjohtoa helpottavista uusista käyttöön otettavista sovelluksista mobiililaitteille, saatiin ehdotuksia yksittäisiin toimintoihin keskittyvistä täsmäohjelmista. Kaksi haastateltavista totesi, ettei kaiken kattavaa sovellusta ole mahdollista saada toimimaan jo pelkästään ohjelman käytön muuttuessa liian raskaaksi. Tämän vuoksi on syytä keskittyä yksittäisten ohjelmien kehittämiseen työnjohdon sekä työntekijöiden tarpeita vastaamaan.

Fira Oy:lta haastatellut henkilöt kaipaivat henkilöstön paikannukseen ja reklamaatioiden tekemiseen toimivia sovelluksia. Skanskalta haastateltu henkilö toivoi puolestaan laajempaa käyttöä ohjelmille, joilla on mahdollista esimerkiksi piirtää pdf-tiedostojen päälle. Tällä tavoin lukuisten projektin aikana kertyvien suunnitelmapiirustusten yhteyteen tehdyt merkinnät eivät katoisi paperisten kuvien myötä vaan ne säilyisivät sähköisessä muodossa jatkokäyttöä varten.

Haastatteluilla selvitettiin myös aikataulun suunnitteluun ja seurantaan liittyviä työkaluja. Etenkin niiden seurantaan mobiililaitteilla ollaan panostamassa jatkossa entistä enemmän. Molemmissa yrityksissä ollaan ottamassa käyttöön tähän liittyviä sovelluksia talonrakennuspuolen työnjohdon avuksi.

Tulevaisuuden näkymissä selvitettiin virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden roolia mobiililaitteissa työnjohdon tukena. Pääasiassa haastateltavat painottivat lisätyn todellisuuden mahdollisuuksia tuotantokäytössä. Oleellisena pidettiin todellisen tilanteen näkemistä samaan aikaan. Yksi haastateltavista tosin nosti esiin käyttökohteeksi rakennuksen käytön aikaisen huollon, jossa olisi mahdollista nähdä esimerkiksi putkien sijainti huoltotoimenpiteitä helpottamaan. Virtuaalitodellisuuden mahdollisuuksia nähtiin muun muassa markkinointi- ja käyttäjäsuunnitteluvaiheessa.

6. HAASTATTELUAINEISTON ANALYSOINTI JA TUTKIMUSTULOKSET

Tässä luvussa on tarkoitus analysoida diplomityössä suoritettujen haastatteluiden (luvut 4 ja 5) tuloksia teoriaosuuteen ja sen teemoihin (luvut 2 ja 3) pohjautuen. Tarkoitus on vastata johdannossa esitettyihin hierarkkisiin tavoitteisiin (luku 1, kuva 1) seuraavalla tavalla:

- Kappale 6.1: Rakennusprojektin kokonaisuuden hallinta
- Kappale 6.2: Valmiiden tietomallien hyödyntäminen
- Kappale 6.3: Tietomallipohjainen rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan korkeakouluopetus

Näiden edellä luetteloitujen tulosten ja analyysien pohjalta on luotu harjoitustehtävä Tampereen teknillisen yliopiston rakennustuotannon ohjaus kurssille. Tässä aiheena on päivittäisen työmaajohtamisen tietomallipohjaiset mobiiliratkaisut. Seuraavassa pääluvussa paneudutaan tarkemmin harjoitustehtävän luomiseen ja sen taustoihin.

6.1 Rakennusprojektin kokonaisuuden hallinta

Tämän alaluvun tarkoituksena on tiivistää rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaan liittyvät asiat saatujen haastatteluaineistojen pohjalta teoriaan tukeutuen. Ensimmäisenä käsitellään laajemmalla tasolla projektin hallintaa ja siihen liittyvää teknologiaa. Sen jälkeen siirrytään päivittäisen työmaajohtamisen sisältöön sekä mobiililaitteiden rooliin osana tätä. Lopussa tarkoituksena on nivoa yhteen edellä käsitellyt asiat havainnollistavalla tavalla.

6.1.1 Projektin hallinta ja teknologia sen tukena

Haastatteluaineistojen perusteella saatiin varsin odotetunlaisia näkemyksiä rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnasta. Kaikkia osa-alueita pidetään yleisesti ottaen tärkeinä ja yhdessä ne muodostavat toimivan kokonaisuuden. Sen sijaan, että asiaa lähestyttäisiin tiettyjen osa-alueiden painottamisella, suuri osa haastateltavista näki asian ihmisten, prosessien ja teknologian hallitsemisen ja yhteensovittamisen kautta. Yksi haastateltavissa korosti tässä yhteydessä prosessien optimointia, oikeiden henkilöiden olemista oikeissa rooleissa sekä oikeanlaisen teknologian käyttöä. Tämä tukeutuu vahvasti tietomallipohjaiseen ja Lean-filosofiaan perustuvaan ajattelutapaan, kuten ilmenee diplomityön teoriaosuuden luvusta 2.2. Siinä Järväjä & Lehtoviita (2016) esittävät, kuinka ihmiset, prosessi ja teknologia ovat keskeisessä roolissa kummankin ajattelutavan kohdalla.

Teoriaosuuden perusteella edellä mainitut kolme osakokonaisuutta projektin kokonaisuuden hallinnassa vaativat toimiakseen vahvaa ihmisten johtamista, yhteistyötä ja vuorovaikutusta. Lisäksi eri rakentamisen prosesseja, kuten esimerkiksi aikataulun hallintaa, tulee tehostaa ja optimoida. Teknologia tukee näitä kahta ja mahdollistaa niiden toteutumisen.

Haastatteluaineistosta voidaan nostaa esiin hyvin samoja asioita teorian tueksi. Ihmisten johtaminen, yhteistyö, kommunikaatio ja luottamus sekä yhteiset toimintatavat eri osapuolten välillä. Tilaajan valvetuneisuus, osaaminen ja kyky vaatia asioita korostuu tässä, kun laaditaan raameja yhteisille toimintatavoille projektin hankesuunnitteluvaiheessa. Prosesseihin liittyen aikataulun keskeistä asemaa korostettiin, sekä eri rakentamisen prosessien hallintaa ylipäättään. Kokonaisuutta ajatellen läpinäkyvyys kaikkeen tekemiseen tukee edellä mainittujen asioiden onnistumista. Sitä puolestaan tukevat erilaiset teknologiat, kuten esimerkiksi tietomallintaminen yhtenä systemaattisena tapana toimia.

Työkaluja ja apuvälineitä prosessien, ihmisten ja teknologian hallintaan ovat haastattelujen perusteella kaikki informaation virtausta, kommunikaatiota ja koordinointia sekä läpinäkyvyyttä parantavat sovellukset ja näihin liittyvät laitteistot, kuten mobiililaitteet. Nämä ovat vahvasti sidoksissa teoriaosassa esitettyihin projektin hallinnan suunnittelun, toteutuksen sekä seurannan ja valvonnan prosessiryhmien sisältämiin toimintoihin. Esimerkkinä näihin haastatteluaineiston pohjalta voidaan nostaa mahdollisimman reaaliaikaisen seurannan mahdollistavan työkalun tarpeellisuus.

Vastaavasti tietotekniset apuvälineet ja työkalut voidaan pilkkoa yksittäisiä projektinhallinnan osaamisalueita vastaamaan. Teoriaosuuden luvussa 2.1 Koskenvesa & Sahlstedt (2011) jaottelevat nämä PMBOK Guide projektinhallinta oppaaseen perustuen: Projektin kokonaisuuden hallintaan ja siihen sisältyviin laajuuden-, ajalliseen-, kustannusten-, laadun-, henkilöstön-, viestinnän-, riskien- sekä hankintojen hallintaan. Lisäksi rakennusprosesseissa tarvitaan vielä neljä aluetta: Turvallisuus, ympäristö, talous sekä korvausvaatimukset. Haastattelujen perusteella näihin liittyen mainittiin muun muassa aikataulun ja kustannusten hallintaan liittyvät ohjelmistot. Oikeastaan kaikkia edellä lueteltuja yksittäisiä osaamisalueita helpottamaan tarvitaan työkaluja. Tulevaisuuden kehityskohteiksi mainittiin yhtenä vaihtoehtona eräänlainen avoin ekosysteemi, joka toimisi alustana näille yksittäisiä toimintoja sisältäville digitaalisille työkaluille ja kokoaisi kaiken yhdeksi projektin hallintaa helpottavaksi järjestelmäksi. Toisaalta tietomallintamisen ja sen sisällön kehittyminen voisi toimia tällaisena konkreettisena alustana eri projektin hallintaan liittyviä toimintoja tukemaan.

6.1.2 Päivittäminen työmaajohtaminen ja mobiililaitteet sen tukena

Haastatteluaineiston perusteella voidaan todeta päivittäisen työmaajohtamisen olevan tärkein resurssi työmaalla rakennushankkeen onnistumisen kannalta. Haastattelujen pohjalta

saatiin varsin selkeitä näkemyksiä sen sisältämisestä oleellisista tehtävistä. Kolme keskeistä asiaa ovat:

- ihmisten ja työvaiheiden *johtaminen, ohjeistaminen sekä valvonta ja seuranta*
- työvaiheiden *suunnittelu* ja aloitusedellytyksien *varmistaminen*
- *kokonaisuuden hallinta* ylipäättään ja siihen sisältyvien osa-alueiden, kuten *aikatauluttamisen ja laadunhallinta*

Edellä mainitut työtehtävät tukevat väitettä päivittäisen työmaajohtamisen tärkeydestä. Verrattuna edellisessä alaluvussa käsiteltyihin keskeisiin asioihin rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnasta, ovat keskeiset teemat hyvin samanlaisia. Esiin nousevat tässäkin yhteydessä ihmisten johtaminen, koordinointi, kommunikointi. Lisäksi eri prosessien hallinta korostuu, mutta vain pienemmässä mittakaavassa. Hyvin samoja asioita mainitaan teoriaosuudessa liittyen projektinhallinnan prosessiryhmiin, kuten suunnittelu, toteutus sekä seuranta ja valvonta.

Kootusta haastatteluaineistosta käy ilmi tietotekniikan suuri rooli osana päivittäistä työmaajohtamista. Päivittäisestä ajasta työnjohdolla menee noin puolet tietoteknisten laitteiden parissa. Mobiililaitteiden osuus tästä on toistaiseksi pienempi kuin työmaatoimistolla käytettävien tietokoneiden, mutta kuitenkin merkittävä ja koko ajan lisääntyvä. Tähän on keskeisenä syynä niiden kulkeminen mukana varsinaisella työmaalla liikuttaessa sekä pääsy suunnitelmiin sijainnista riippumatta. Tätä tukee myös teoriaosuuden luku 2.4, jossa Korvenpää (2017) mainitsee mobiiliteknologian käytön lisääntyneen rakennustyömailla. Syyksi hän korostaa mahdollisuutta päästä käsiksi tietojärjestelmiin sijainnista huolimatta. Näiden tietojen pohjalta voidaan todeta älypuhelimien ja tablettien tukevan ihmisten välistä vuorovaikutusta toisin kuin oman tietokoneen äärellä istuminen työmaatoimistossa. Mobiiliteknologia onkin merkittävä apuväline päivittäisessä ihmisten johtamisessa ja prosessien hallinnassa.

Vaatimukset mobiililaitteiden sujuvalle käytölle peilaavat hyvin toisiaan, kun tarkastellaan haastatteluissa mainittuja asioita käsiteltyyn teoriaan. Molemmista kiinnitetään huomiota mobiiliverkon tai Wi-Fi-verkon käyttöön. Lisäksi käytettävien laitteistojen ja sovellusten helppokäyttöisyys on olennaista henkilöstön kouluttamisen kannalta. Muiden työtehtävien ohella ei ole paljon aikaa käytettävissä, joten käyttöön liittyvät asiat on kyettävä omaksumaan nopeasti.

Jäväjä & Lehtoviita (2016) selvittävät ”Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla” teoksessaan muun muassa luovutukseen liittyvien sähköisten puutelistojen ja työturvallisuusmittaukseen keskittyvien sovellusten olevan tyypillisiä mobiiliapplikaatioita työmaan toimintoja tukemaan. Tätä tukee myös haastattelujen perusteella saatu tieto Fira ja Skanska Oy:n työnjohdon säännöllisesti käyttämistä sovelluksista. Tietomallipohjaisten mobiiliratkaisujen käytön lisäksi molemmissa yrityksissä on käytössä edellä mainittuja

toimintoja sisältävät applikaatiot. Muita tyypillisiä älypuhelimista ja tableteista hyödynnettäviä toimintoja ovat viestintään ja valokuvaamiseen kohdistuvat ominaisuudet.

Luvun 2.4 teoriaosuuden ja haastatteluaineistojen pohjalta havaitaan tarvetta myös uusille mobiilisovelluksille ja nykyisten sovellusten kehittämiseksi. Korvenpää (2017) toteaa omassa diplomityössään, että kaiken kattavalle sovellukselle olisi mahdollisuus tulla laajempaan käyttöön rakennushankkeiden toteutusvaiheessa verrattuna tällä hetkellä lähinnä yksittäisiin tehtäviin keskittyviin mobiiliratkaisuihin. Toisaalta suoritettujen haastatteluiden osalta tämä ajatus koettiin käytännössä todella haasteelliseksi, koska tällöin sovelluksen käytettävyys muuttuu helposti todella kankeaksi. Tämä puolestaan heikentää helppokäyttöisyyttä merkittävästi ja näin ollen käyttö jäisi todennäköisesti todella vähäiseksi. Yksittäisiin toimintoihin keskittyviin ratkaisuihin tulee tästä syystä panostaa myös jatkossa työnjohdon ja työntekijöiden tarpeita vastaamaan.

6.1.3 Päivittäinen työmaajohtaminen osana kokonaisuutta

Edellä käsitellyt luvut 6.1.1 ja 6.1.2 kuvastavat hyvin rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnan ja päivittäisen työmaajohtamisen yhtäläisyyksiä ja keskeisiä teemoja. Kuvassa 14 on haastatteluaineiston ja teorian pohjalta havainnollistettu tätä asiaa.

Rakennusprojektin kokonaisuuden hallinta:



Kuva 14. Päivittäinen työmaajohtaminen osana rakennushankkeen kokonaisuuden hallintaa

Ihmiset, prosessit ja teknologia ovat selkeästi keskeisessä asemassa kummankin kokonaisuuden hallinnassa ja onnistuneessa läpiviennissä. Käytännössä kaikki tapahtuu vain pienemmässä mittakaavassa päivittäisessä työmaajohtamisessa, joka on yksi osa rakennushankkeen läpiviemistä. Prosessit itsessään ovat hyvin samanlaisia, kuten esimerkiksi aikataulun ja kustannusten hallitseminen. Teknologiat linkittyvät myös keskenään hyvin vahvasti. Koko projektin hallintaa ajatellen on valittu yhteistä toimintatapaa tukeväksi teknologiksi esimerkiksi tietomallintaminen. Päivittäisessä työmaajohtamisessa oleellista on, kuinka kyseistä teknologiaa pystytään hyödyntämään tukemaan muita toimenpiteitä ja vuorovaikutusta niiden välillä. Mobiiliteknologia tarjoaa tähän hyvän alustan. Keskeistä molempien kokonaisuuksien hallinnassa onkin vuorovaikutus eri osa-alueiden välillä eri teknologioiden tukemana. Kuva 14 havainnollistaa lisäksi yhteisen toimintatapojen, luotettavuuden ja läpinäkyvyyden korostuvan entisestään, mitä enemmän eri toimijoita ja osapuolia on pyrkimässä yhteiseen tavoitteeseen.

6.2 Valmiiden tietomallien hyödyntäminen

Tässä kappaleessa käsitellään haastatteluaineistojen pohjalta valmiiden tietomallien hyödyntämistä rakennusprojektiin kokonaisuuden hallintaan liittyen. Tähän sisältyy tietomallien hyödyntäminen päivittäisessä työmaajohtamisessa sekä tietomallipohjaisten mobiiliratkaisujen rooli tässä.

6.2.1 Tietomallien hyödyntäminen kokonaisuuden hallinnan tukena

Haastatteluaineistojen perusteella tietomallintamista pidetään pääosin keskeisenä rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnassa. Tätä tukee myös teoriaosuuden luku 2.2, jossa Jäväjä & Lehtoviita (2016) sekä Rokooei (2015) korostavat tietomallintamisen tukevan projektin eri prosessien tehtäväketjujen sekä ihmisten välisen yhteistyön ja vuorovaikutuksen toteutumista hankkeessa. Toisaalta tulee huomioda, ettei tietomallinnus ole itsessään itseisarvo vaan se toimii apuvälineenä parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Tämä puolestaan vaatii osapuolten väliltä kehittyntä yhteistyötä, aktiivista vuorovaikutusta ja tiedonkulkua, kuten Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osassa 11 ”Tietomallipohjaisen projektin johtaminen” mainitaan.

Haastattelujen tulosten ja teorian pohjalta vaatimukset tietomallien hyödyntämiselle voidaan jakaa kolmeen selkeään ryhmään seuraavassa järjestyksessä: Laitteistollisiin ja sovelluspohjaisiin, pohjatiedollisiin sekä itse tietomallintamiseen kohdistuviin vaatimuksiin. *Ensimmäisen osalta* vaatimuksia ovat:

- riittävän suorituskkyiset tietokoneet
- riittävä määrä mobiililaitteita, näyttöjä sekä dataprojektoreita
- edellä mainittujen lisäksi mahdolliset BIM-kioskit työmaalla
- perinteiset tietomallintamis-ohjelmistot sekä niihin liittyvät aikataulun- ja kustannushallinta ohjelmistot
- ohjelmistot tietomalleista siirrettävän tiedon alustaksi
- tietomallipohjaiset mobiilisovellukset

Pohjatiedolliset vaatimukset ovat vahvasti sidoksissa koulutukseen. Seuraavassa lueteltuna siihen liittyviä edellytyksiä:

- tietokoneen ja mobiililaitteiden käytön perusosaaminen
- tietomallipohjaisten ohjelmistojen käyttötaito omia tarpeita vastaavalla tasolla, esimerkiksi rakennustuotannon toimijoiden tasolla
- edellä mainittuun liittyen osaamistavoitteiden määrittäminen eri ammattikunnille
- rakennustyömaalla työskentelevien työmiesten kouluttaminen
- ymmärrys rakennusprojektin kokonaisuudesta, rakentamisesta ja rakenteista
- kommunikointi- ja yhteistyötaidot

Tietomallintamiseen liittyvät vaatimukset määritellään jo projektin alkuvaiheessa. Seuraavassa lueteltuna haastattelun ja teorian pohjalta keskeisiä asioita:

- tilaajan tulee määrittää selkeät raamit ja tavoitteet tietomallintamiselle ja tietomallien käytölle hankkeessa
- tämä sisältää muun muassa tietomallien tietosisällölliset tavoitteet eri vaiheissa rakennushanketta

- vahva mallintavan suunnittelun johtaminen
- tietomallikoordinointi liittyen muun muassa mallien ajantasaisuuteen
- yhteiset toimintatavat ongelmien ratkaisemiseksi
- edelliseen liittyen Yleisten tietomallivaatimusten tunteminen ja ymmärtäminen

Edellä mainittujen lisäksi haastatteluaineiston pohjalta voidaan nostaa esiin huomautus tarvittavan tiedon tai tietolähteen puuttumisesta, jotta kaikkia tietomallintamisen tarjoamia hyötyjä olisi mahdollista saada irti. Tästä syystä tietomallien käyttö Suomessa rajoittuu pääasiassa 3D-mallintamiseen ja koordinointiin.

Haastatteluaineistojen perusteella selviää, että periaatteessa tietomalleja voidaan hyödyntää lähes kaikissa rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaan liittyvissä toiminnoissa aina hankesuunnitteluvaiheesta lähtien. Oikeastaan eri tasoisten mallien tulisi ulottua kaa-voitus- ja markkinointivaiheesta aina ylläpitovaiheen apuvälineeksi. Edellä mainittujen asioiden toteutus on kuitenkin puutteellista. Tällä hetkellä tietomallien hyödyntäminen rajoittuukin pääasiassa sen visuaalisuuden käyttöön eri toimintojen tukena. Tätä tukee vahvasti myös teoriaosuuden luvussa 2.3 käsiteltävät hyödyntämistavat. Muutamia keskeisiä visuaalisuuden käyttökohteita ovatkin sen hyödyntäminen:

- vuorovaikutuksen välineenä hankkeen eri vaiheissa eri osapuolten välillä
- toimenpiteiden koordinoinnissa
- havainnollistamisessa esimerkiksi tuotannonsuunnittelussa ja -ohjauksessa, työjärjestyksien suunnittelussa ja yhteensovittamisessa
- työmaan työturvallisuuden suunnittelussa
- riskien ja yhteentörmäyksien havainnoimisessa rakenteissa
- tuotannon seurannassa ja valvonnassa näyttämään mitä on jo asennettu

6.2.2 Tietomallien hyödyntäminen päivittäisessä työmaajohtamisessa

Suoritettujen haastattelujen perusteella voidaan tietomallin roolin olevan keskeinen päivittäisessä työmaajohtamisessa yrityksissä Fira sekä Skanska Oy. Tämä tukee käsitystä tietomallintamisen keskeisestä roolista rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnassa.

Tietomallien visuaalisuuden merkitystä korostettiin myös tässä yhteydessä. Muutamia keskeisiä asioita sen hyödyntämiselle ovat:

- ongelmakohtien selventäminen
- rakenteiden tarkastelut
- asennuksen edistymisen osoittaminen
- töiden suunnittelu ja johtaminen
- määrälaskennan ja hankintojen suunnittelun apuväline

Edellä luetteloidut asiat käsittelevät hyvin pitkälle samoja teemoja, kuin rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan kohdalla ilmenneet. Lisäksi ne vastaavat suurilta osin kuvasta 14 ilmeneviä keskeisiä teemoja, kuten johtaminen, suunnittelu, ohjeistaminen ja valvonta, mitä tulee päivittäiseen työmaajohtamiseen. Periaatteessa tietomallia onkin mahdollista hyödyntää lähes kaikissa päivittäiseen työmaajohtamiseen liittyvissä toiminnassa.

Pääosa tietomallien katselusta ja tarkastelusta rajoittuu tällä hetkellä kuitenkin työmaatoimistoon omille työpisteille tietokoneiden ääreen. Tämä ei tue vuorovaikutusta työmiesten ja työnjohdon välillä kovin hyvin. Tietomallipohjaiset mobiiliratkaisut puolestaan tarjoavat tähän hyvän ratkaisun.

6.2.3 Tietomallipohjaisten mobiiliratkaisujen rooli

Alaluvussa 6.1.3 aiemmin käsiteltyjen asioiden pohjalta voidaan tietomallipohjaisten mobiiliratkaisujen todeta olevan yksi päivittäisen työmaajohtamisen vuorovaikutusta parantava väline. Ne toimivat yhtenä oleellisena perusedellytyksenä tietomallien hyödyntämisessä rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnassa laitteistojen ja sovellusten osalta, kuten alaluvussa 6.2.1 on luetteloitu.

Käytännössä ainoa tietomallipohjaisten mobiilisovellusten käyttötarkoitus on varsinaisen tietomallin visuaalisuuden hyödyntäminen asioiden havainnollistamisessa. Keskeinen haastatteluista noussut asia on niiden käyttö ongelmakohtien selventämisessä. Voidaankin todeta aiemmin tässä luvussa käsiteltyjen asioiden pohjalta, että tietomallipohjaisten mobiiliratkaisujen rooli on toimia välineenä tietomallien visuaalisuuden siirtämisessä työmaatoimistosta varsinaiselle työmaalle työmiesten ja työnjohdon tueksi päätöksenteossa. Lisäksi haastatteluista ilmeni suurten tiedostokokojen ja tietosisällön puutteellisen esittämisen rajaavan sovelluksien käytön käytännössä vain visuaalisuuden havainnointiin.

Haastatteluaineiston perusteella rakennusprojektissa käytössä olevan tietomallin ylläpidon puutteellisuus nähtiin selkeäksi kompastuskiveksi. Ajantasaisuutta ja luotettavuutta pidettiin oleellisena lähtökohtana tietomallin hyödyntämiselle esimerkiksi mobiilisovelluksen avulla. Tämä on puolestaan vahvasti sidoksissa koko hanketta koskevan tietomallintamisen perusedellytyksiin. Näiden perusteella tietomallipohjaisten mobiilisovellusten käyttö näyttäisi vahvasti perustuvan siihen, kuinka hyvin tietomallintamiselle asetettavat vaatimukset täyttyvät kyseisessä rakennusprojektissa.

6.3 Tietomallipohjainen rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan opetus

Tarkoituksena tässä alaluvussa on tiivistetysti käsitellä haastattelumateriaaleihin pohjaten miksi ja millä tavoin tietomallit ja tietomallintaminen tulisi yhdistää osaksi rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan opetusta. Tämä käsittää tietomallien roolin osana opetusohjelmaa ja kursseja korkeakouluissa. Siihen liittyviä haasteita ja ongelmia peilataan teoriaosuudessa esiin nostettuihin keskeisiin asioihin. Tietomallipohjaisen korkeakouluopetuksen tavoitteita osana rakennushankkeen kokonaisuuden hallintaa havainnollistetaan luvun lopussa.

6.3.1 Perusteet tietomallien käyttöönotolle opetuksen tueksi

Haastatteluista kerätyn aineiston pohjalta saatiin hyvin yksimielisiä perusteita tietomallien käyttöönotolle opetuksen tueksi. Keskeisin asia oli tietomallintamisen merkittävä lisääntyminen ja vahvistuminen oleelliseksi osaksi rakentamista. Tätä kautta ihmisten ammattitaitoa tulee kohentaa vastaamaan työelämän haasteita.

Haastateltavien perusteisiin saadaan tukea myös kansainvälisestä kirjallisuusselvityksestä tietomallipohjaisesta korkeakouluopetuksesta. Siinä Puolitaival & Forsythe (2016) toteavat tietomallinnuksesta roolin kasvavan koko ajan yleisenä prosessina ja teknologiana rakennusprojektin hallinnassa ja johtamisessa. Lisäksi Lehtoviita (2017) toteaa, kuinka tietomallinnuksen laajeneva käyttö aiheuttaa tarvetta alan osaajille eri tehtäviin ja vaiheisiin rakennushanketta. Tämä puolestaan asettaa selkeän tarpeen kehittää siihen liittyvää opetusta alan oppilaitoksissa.

Teoriaan peilaten haastatteluaineistosta nousee lisäksi esiin kommunikoinnin parantaminen. Salmisto et al. (2016) korostavat rakennusprojektien muuttumista koko ajan monimutkaisemmiksi sisältäen entistä enemmän eri osapuolia. Tästä syystä monialaisten yhteistyötaitojen merkitys korostuu jatkuvasti.

6.3.2 Tietomallipohjaisen opetuksen yhdistäminen kokonaisuuden hallintaan

Haastatteluista kerätyn materiaalin pohjalta voidaan selkeästi hahmottaa kokonaiskuva siitä, kuinka tietomallipohjainen opetus tulisi yhdistää osaksi rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnan opetusta. Eri tasoisten tietomallien tulisi olla luonnollinen osa opetusta. Oleellista olisi, että ne tukevat ydinosaamisen ja kokonaisuuden opettamista eivätkä ole itsessään keskiössä.

Tietomallipohjaisen opetuksen tulisi alkaa pohjatietämyksen luomisesta opiskelijoille. Tähän sisältyisi käsitteiden sisäistäminen ja perusedellytyksien luominen mallien käy-

tölle ja hyödyntämiselle tulevassa opetuksessa. Esimerkiksi rakennustuotannon opiskelijoille olisi yksi kurssi mallintamisen perustaitojen oppimiseen. Oleellista olisi kuitenkin tämän lisäksi luoda opiskelijoille kuva tietomallintamisen tarjoamista hyödyistä eri vaiheissa projektia ja liittymisestä rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaan ylipäätään. Konkreettisenä esimerkkinä tähän voisi olla Yleisten tietomalli vaatimuksien (2012) sisäistäminen. Kokonaisuuden ymmärtämisen tulisi olla keskiössä. Näiden lisäksi voisi sitten olla spesifioitua tietoa esimerkiksi rakennustuotantoa opiskeleville.

Opintojen edetessä eri tasoiset mallit toimisivat projekti- ja ongelmalähtöisen oppimisen tukena. Tässä kohtaa yhteistyö rakennusteollisuuden kanssa olisi tärkeää muun muassa tietomallien hankkimiseksi todellisuutta vastaavien projektien tueksi. Toisaalta mallien saatavuutta voitaisiin parantaa yhteisten koulutukseen luotujen virtuaalimaailmojen kautta.

Yhteistyön, ryhmätyöskentelyn, vuorovaikutuksen, koordinoinnin ja ongelmanratkaisukykyjen tulisi olla enenevässä määrin keskiössä opintojen edistyessä. Näitä taitoja tukisivat työskentely mahdollisimman lähellä todellisuutta olevien projektien parissa. Tietomallien monipuolisuuden tulisi kehittyä suhteessa projektilähtöisen oppimisen vaativuuteen.

Edellä käsitellyt haastatteluaineiston pohjalta tiivistetysti kootut näkemykset saavat tukea aiemmin diplomityön luvussa 3 käsitellystä teoriasta. Shelbourn et al. (2016) esittämä nelivaiheinen ”IMAC framework” noudattelee pääpiirteittäin samaa kaavaa. Ensiksi pyritään painottamaan käsitteitä ja roolia osana kokonaisuutta. Tämän jälkeen siirrytään vuorovaikutukseen tietomallien kanssa. Tähän kuuluu olennaisena mallien kanssa työskentely. Tärkeää on lisäksi syventää oman opiskeltavan pääaineen tietämystä yhteistyötaitojen kehittämisen ohella. Jatkossa omaan tulevaan toimenkuvaan liittyvien ongelmien ratkaisuun keskitytään entistä enemmän. Rakennustuotannon puolella tämä tarkoittaa mallien hyödyntämistä esimerkiksi aikataulujen ja kustannusten suunnittelussa. Opintojen loppuvaiheessa edellä hankittu osaaminen toimii alustana yhteistyölle, ryhmätyöskentelylle ja vuorovaikutukselle eri osastojen välillä.

Wang et al. (2014) sekä Leite (2016) korostavat haastatteluista koottujen pääkohtien tukeksi kokonaisuuden ymmärtämistä ja hahmottamista. Tärkeämpää itse tietomallintamiseen liittyvän osaamisen sijaan on sisäistää sen tehostava vaikutus rakennusprojektin sisäisiin yhteistyöprosesseihin.

6.3.3 Nykytilanteen kuvaus

Luvussa 4 suoritettujen haastatteluaineistojen koonnin perusteella saatiin varsin selkeä käsitys tietomallipohjaisen opetuksen nykytilanteesta Aalto-yliopistossa, Tampereen ja Metropolia ammattikorkeakoulussa sekä Unitec Institute of Technology:ssa Uudessa-

Seelannissa. Havaittavissa on paljon yhtäläisyyksiä keskenään sekä teoriaosuudessa esitettyihin ratkaisumalleihin verrattuna.

Clevenger et al. (2010) esittävät luvussa 3.4 kaksivaiheista kokonaisuutta tietomallintamisen lisäämisestä rakennustuotannon opetusohjelmaan yliopistotasolla. Ensimmäinen vaihe sisältää tietomallintamisen peruskurssin pohjatietojen luomiselle. Toinen vaihe on teollisuuden kanssa yhteistyössä luotujen tietomallipohjaisten moduulien integroiminen osaksi olemassa olevia kursseja tukemaan näiden sisältöä. Puolestaan Barison & Santos (2013) esittävät kolmivaiheista mallia tietomallintamisen sisällyttämiselle opetusohjelmaan. Keskeisenä ajatuksena tässä on luoda mallintamisen ja suunnittelun perusteet ja niiden pohjalta työskennellä kehittyneempien mallien avulla laajentaen kokonaisuutta aina koko projektin hallinnan ymmärtämiseen sekä yhteistyöhön ja tiedon jakamiseen eri osapuolten kesken.

Selkeitä yhtäläisyyksiä edellä mainittuihin on havaittavissa oikeastaan kaikkiin haastatteluissa mukana olleisiin oppilaitoksiin. Koulutuksen alkuvaiheessa luodut pohjatiedot toimivat edellytyksenä mallintamisen ja valmiiden mallien hyödyntämiselle jatkossa opiskelujen edetessä. Esimerkiksi Tampereen ammattikorkeakoulussa kaikki rakennustuotannon opiskelijat käyvät tietomallintamisen peruskurssin. Tämä antaa valmiudet eri tasoisten mallien hyödyntämiselle ammattiaineen kursseissa muun muassa kustannustenhallinnassa ja aikataulu- sekä toteutussuunnittelun tukena. Aalto-yliopistossa puolestaan on yksi tietomallintamisen peruskurssi kandidaattivaiheen opiskelijoille. Tarkoituksena on esitellä perustavaa laatua olevia ajatuksia tietomallintamisesta ja sen liittymisestä rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaan. Maisterivaiheessa näitä tietoja päästään hyödyntämään huipentavassa kurssissa projekti- ja ongelmalähtöisen oppimisen kautta. Oleellista tässä on yhteistyö ja tiedon jakaminen opiskelijoiden välillä.

Yhteenvetona tähän nykytilanteen kuvaukseen voisi todeta, että kaikissa haastatteluissa mukana olleissa oppilaitoksissa on jo kokemuksia tietomallien sisällyttämisestä nykyisiin opinto-ohjelmiin ja kursseihin. Tällä hetkellä onkin enemmän kyse nykyisen tietomallipohjaisen opetuksen kehittämisestä ratkaisemalla siihen liittyviä haasteita ja ongelmia. Tämä tukee hyvin Badrinath et al. (2016) esittämiä akateemisen tietomallipohjaisen opetuksen kehityssaskelia. Tällä hetkellä kansainvälisellä tasolla on jo jossain määrin kokemuksia ja taustatietoa tietomallien lisäämisestä opetusohjelmien tueksi. Seuraava askel kehitykselle on ratkaista näitä koskevat haasteet ja ongelmat.

6.3.4 Haasteita ja ongelmia

Teoriaosuuden luvussa 3.5 Badrinath et al. (2016) jakavat tietomallipohjaiseen opetukseen liittyvät haasteet ja ongelmat kolmeen kategoriaan. Nämä ovat poliittiset ja menettelytavat ongelmat, teknologiaan pohjautuvat ongelmat sekä prosessiin liittyvät ongelmat. Kaikkiin näihin kategorioihin sisältyviä ongelmia on havaittavissa haastatteluista kootun aineiston pohjalta.

Etenkin korostuivat prosessiin sekä poliittisiin ja menettelytavallisiin asioihin liittyvät haasteet. Selkeäksi ongelmaksi ensin mainitun kohdalla nousi korkeatasoisten tietomallien saatavuus ja tätä kautta heikko yhteistyö rakennusteollisuuden kanssa. Tähän asiaan toivotaan selkeää parannusta tulevaisuudessa siitäkin syystä, että yrityksissä on viimeisin ajan tasalla oleva tieto tietomallinnukseen liittyen.

Jälkimmäisen kategorian kohdalla korostettiin etenkin ammattitaidon puutteellisuutta ja muutosvastarintaa liittyen tietomallien luomiseen sekä sisällyttämiseen osaksi nykyisiä kursseja ja opetusohjelmaa. Kyseiset asiat nousevat esiin myös Panuwatwanich et al. (2013) teoriaosuudessa esittämistä keskeisistä ongelmakohdista. Kaiken kaikkiaan henkilöstöön ja ajallisiin resursseihin liittyvät asiat nousivat pinnalle haastattelujen perusteella.

Teknologiaan pohjautuvista ongelmista mainittiin lähinnä sovelluspohjaiset ongelmat. Niiden ratkomisen todettiin kuitenkin tapahtuvan hyvinkin nopeasti. Selkeästi on havaittavissa, että suurin painopiste tietomallipohjaiseen korkeakouluopetukseen liittyvistä ongelmista on jossain muualla kuin teknologiassa. Käytännössä, kun tietomallien integroiminen opetuksen tueksi on suoritettu onnistuneesti, jäljelle jäävät vain pienimuotoiset sovelluspohjaiset haasteet.

6.3.5 Kehityssuuntaus

Haastattelujen yhteydessä selvitettiin, onko joku kyseisen korkeakoulun tietomallipohjaisista kursseista onnistunut erityisen hyvin ja mitkä ovat syynä tähän. Kertyneiden aineistojen pohjalta voidaan selkeästi poimia keskeisiä teemoja onnistumisten taustalla. Seuraavassa on lueteltuna näitä havaittuja asioita:

- ajankohtaisuus
- vastaaminen todellisuuden työelämän projekteja
- yhteistyö ja tiedon jakaminen
- kokonaisuuden ja siihen liittyvien osa-alueiden hahmottaminen

Edellä luetteloidut teemat heijastelevat suurilta osin haastatteluaineiston perusteella esiin nostettuja tulevaisuuden näkymiä tietomallipohjaisessa rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan opetuksessa. *Ajankohtaisuuden ja työelämän vastaavuuden* kehittämiseksi pyritään parantamaan yritys yhteistyötä tulevaisuudessa. Viimeisimmät käytössä olevat ohjelmistot ja teknologiat, kuten mobiiliteknologia sekä todellisuutta vastaavien tietomallien käyttö opetuksessa tukevat näitä aiheita.

Yhteistyön ja tiedon jakamisen sekä kokonaisuuden hahmottamisen parantamiseksi kehitellään muun muassa oppimisalustaa. Lisäksi näihin liittyen projekti- ja ongelmalähtöistä oppimista voisi kehittää esimerkiksi arkkitehti ja insinööritieteiden opiskelijoiden yhteisillä kursseilla.

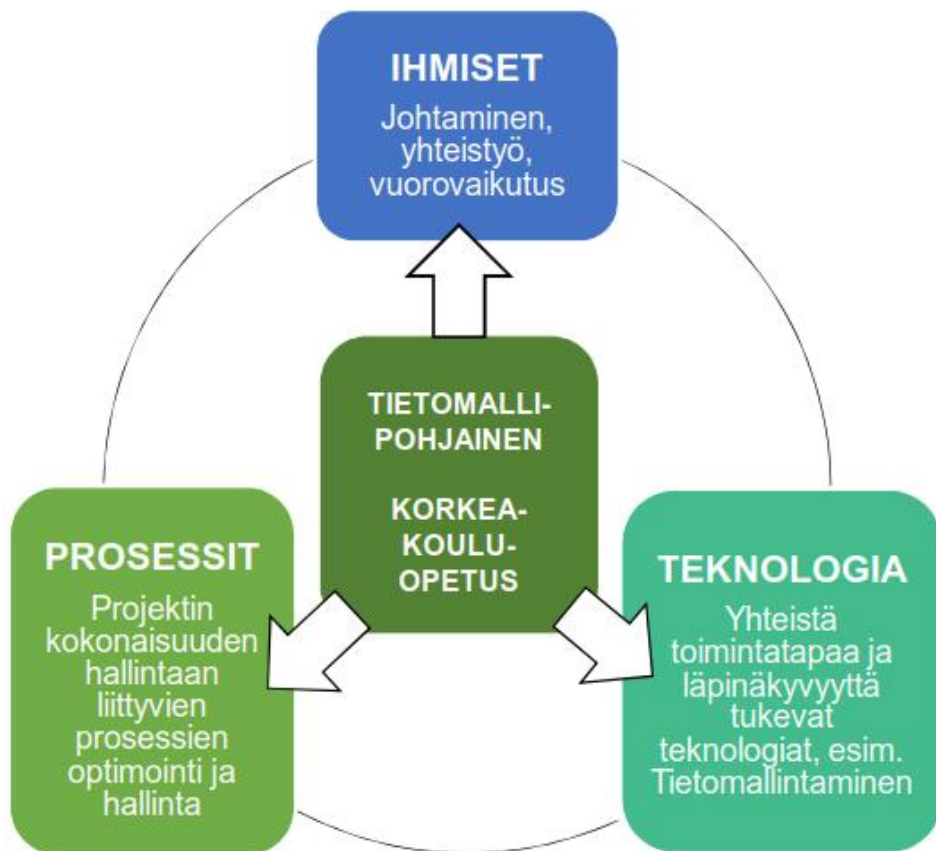
Oppimisalusta saa tukea teoriaosassa Wang et al. (2014) ehdottamasta oppimisalustasta, joka tosin olisi huomattavasti laajamittaisempi. Toisaalta hyvänä esimerkkinä haastatteluaineistosta voidaan nostaa Virtuaalimaailma eri tasoisille tietomalleille. Tämä ratkaisee suurilta osin teollisuusyhteistyöhön ja resursseihin liittyvät ongelmat. Tosin se ei poista tarvetta yritysyhteistyölle.

Eri osastojen väliset yhteistyölähtöiset oppimiskokonaisuudet saavat myös tukea kansainvälisistä akateemisista julkaisuista. Shelbourn et al. (2016) sekä Leite (2016) esittävät tutkimuksissaan esimerkit toteutetuista yhteistyöhön perustuvista kursseista. Lisäksi Tampereen teknillisen yliopiston kurssitarjonnasta löytyvä rakennushankkeen suunnittelun simulointi kurssi tukee tätä. Kaikissa näissä esimerkeissä merkittävässä roolissa on myös ymmärrys rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnasta.

6.3.6 Tietomallipohjaisen korkeakouluopetuksen tavoite

Tässä luvussa tehtyjen analysointien pohjalta voidaan muodostaa selkeä käsitys tietomallipohjaisen korkeakouluopetuksen tavoitteista. Kuvassa 15 on havainnollistettu tätä asiaa.

Rakennusprojektin kokonaisuuden hallinta:



Kuva 15. Tietomalleihin pohjautuvan korkeakouluopetuksen rooli

Opetuksella pyritään vastaamaan rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnan keskeisiin asioihin hyödyntämällä tietomallintamista apuvälineenä. Kuvasta 15 havaitaan näiden teemojen olevan ihmiset, prosessit ja teknologia. Oleellista on kehittää ja luoda valmiuksia opiskelijoille toimia osana tietomallipohjaisia rakennushankkeita ja projekteja ylipääntään. Tämä on havaittu selkeäksi tulevaisuuden suuntaukseksi rakennusosalalla ja siksi korkeakouluopetusta kehitetään vastaamaan sen asettamia tarpeita.

7. HARJOITUSTEHTÄVÄ KURSSILLE RAKENNUS- TUOTANNON OHJAUS

Tämän luvun tarkoituksena on avata taustoja harjoitustehtävän luomiselle Tampereen teknillisen yliopiston rakennustuotannon ohjaus kurssille. Tämä tapahtuu esittelemällä kurssi ja siihen liittyvät tavoitteet. Tämän jälkeen taustoitetaan harjoitustehtävän kehittämistä ja esitellään lopputulos pääpiirteittäin. Tarkempi toimintaohje harjoitustehtävään toteuttamiselle osana kurssia on esitetty diplomityötutkimuksen liitteenä E.

7.1 Harjoitustehtävä osana kurssin sisältöä ja tavoitteita

Rakennustuotannon ohjaus kurssi on merkittävässä roolissa rakennustuotantoa pääaineena opiskeleville. Kurssi sijoittuu maisterivaiheen opintojen yhteyteen. Osaamistavoitteita kurssille ovat tuotantosunnitelmien laatiminen ja toteutuskelpoisuuden arviointi. Opiskelijoiden tulee tuntea rakennushankkeen projektinhallintaohjelmien keskeiset menetelmät sisältäen erilaiset tekniikat ajalliseen suunnitteluun. Edellisten ohella tärkeää on ymmärtää työmaan johtamisen ja tuottavuuden mittaamisen rooli rakennustuotannon ohjauksessa ja hankkeen onnistumisessa. Tämän ohella hankintatoimen merkitys tulee tunnistaa erityisesti tuotannon ohjauksen näkökulmasta. *Lisäksi opiskelijoiden tulee osata esitellä tuotemallien ja muiden tietojärjestelmien luomia mahdollisuuksia rakennustuotannon ohjauksessa.*

Harjoitustehtävän tarkoituksena on olla tukemassa viimeksi mainittua korostettua osaamistavoitetta. Tehtävän aiheena ovat **päivittäisen työmaajohtamisen tietomallipohjaiset mobiilit ratkaisut**.

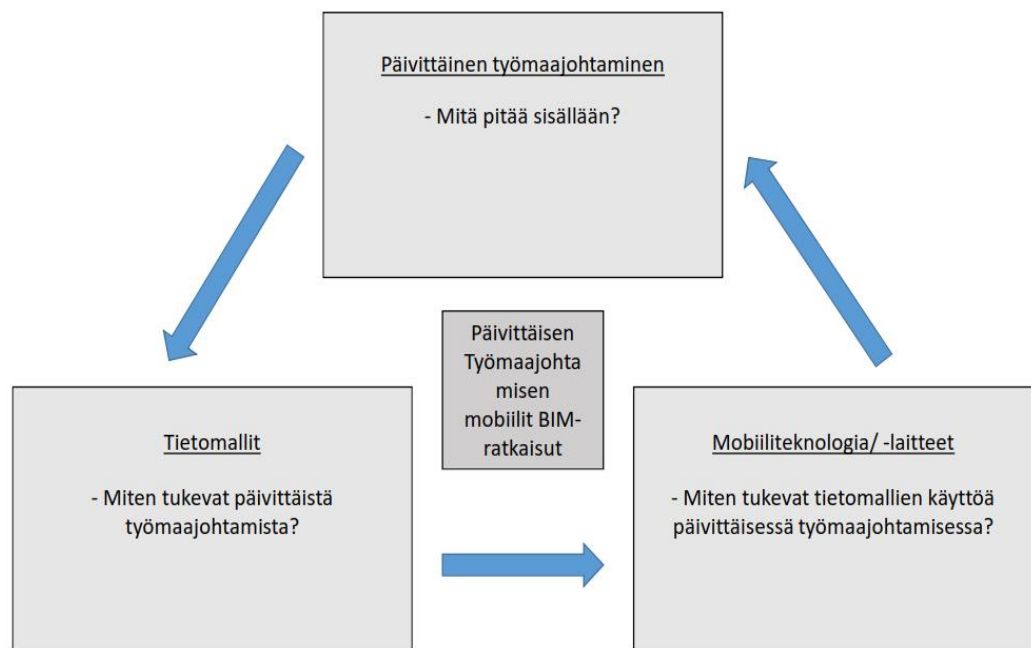
Kurssin luentokerrat koostuvat pääasiassa keskimäärin neljän tunnin mittaisista yhtä laajempaa teemaa käsittelevistä luentokokonaisuuksista ja mahdollisesti näihin sisältyvistä luentoharjoituksista. Tarkoituksena tällä oppimiskokonaisuudella olisi tukea samaan aihepiiriin liittyvää luentokokonaisuutta, kuten esimerkiksi tietomallintamisen hyödyntämistä työmaalla.

7.2 Harjoitustehtävän luominen

Harjoitustehtävän luomisesta sovittiin yhdessä diplomityön ohjaajan kanssa. Tässä yhteydessä ainoaksi rajoitteeksi tehtävälle asetettiin sen helppo toteutettavuus osana kurssia. Tarkoituksena oli diplomityön kirjoittajan itse kehittää tältä pohjalta konsepti tehtävän toteutukselle, jonka pohjalta yhdessä työn ohjaajan kanssa luodaan tarkemmat määrittelyt oppimiskokonaisuuden toteutukselle.

Tehtävän kehittelyn pohjatietoina toimivat pääasiassa haastatteluista saadut aineistot sekä niiden pohjalta suoritettut analyysit. Ensimmäisenä allekirjoittanut rajasi harjoitustehtävän luonteen luentoharjoitukseksi. Toisaalta pohdinnassa oli vaihtoehto sen suorittamisesta osana kummityömaakäyntejä, joita opiskelijat suorittavat pienissä ryhmissä eri työmaille. Tämä vaihtoehto oli kuitenkin suljettava pois etenkin sen hankalan toteutettavuuden takia. Lisäksi riippuen työmaasta, tietomallien käytön laajuus voi vaihdella hyvinkin suuresti, joten kaikille opiskelijoille on mahdotonta taata samanlaisia edellytyksiä oppimiskokonaisuuden suorittamiselle.

Haastattelujen tapaan asiaan lähestyminen tapahtui teema-alueiden kautta. Seuraavassa kuvassa 16 on esitetty diplomityötutkimuksen tekijän hahmotelma luentoharjoituksen kehittämiseksi.



Kuva 16. Kehykset harjoitustehtävän jatkoideoinnille kurssille rakennustuotannon ohjaus

Kuvasta 16 havaitaan, kuinka päivittäisen työmaajohtamisen mobiilit tietomallipohjaiset ratkaisut on pilkottu pienempiin osakokonaisuuksiin. Oleellista tällä harjoitustehtävällä olisi havainnollistaa mikä rooli mobiililaitteilla ja tässä tapauksessa sovelluksilla olisi päivittäisessä työmaajohtamisessa ja tietomallien hyödyntämisessä siinä. Tämän lisäksi tärkeää on ymmärtää miten tietomallipohjaiset mobiiliratkaisut tukevat työnjohdon tehtäviä ja miten niitä voisi mahdollisesti kehittää enemmän päivittäisiä toimintoja tukevaksi. Pelkästään itse sovellukset eivät saa olla keskiössä harjoitustehtävän suorittamisessa. Näiden asioiden pohjalta aloitettiin tämän oppimiskokonaisuuden kehittäminen yhdessä diplomityönohjaajan kanssa.

Yhden puolen tunnin ideoinnin pohjalta saatiin jo luotua tarkemmat määrittelyt harjoitustehtävän suorittamiselle. Harjoitus sijoitetaan yhden saman aihepiirin luentokerran yhteyteen sen loppuun. Kestoltaan se tulee olemaan yhden tunnin mittainen. Tämä puolestaan jakaantuu kahteen puolen tunnin mittaiseen osioon.

Ensimmäisen puolituntisen aikana opiskelijat työskentelevät pienryhmissä. Tarkoituksena on kokeilla ryhmäkohtaisesti yhtä tietomallipohjaista mobiilisovellusta älypuhelimella tai mahdollisesti tabletilla. Kokeiluun voidaan ottaa esimerkiksi kolme sen hetkistä suosituinta tietomallipohjaista mobiiliratkaisua. Näin ollen saadaan eri näkemyksiä myös samoista sovelluksista. Oleellista on keskittyä kokeiltavan ratkaisun käytettävyyteen, kuten haastattelujen pohjalta tärkeäksi todettuun helppokäyttöisyyteen. Tämän lisäksi merkittävässä osassa on sen tarjoamat hyödyt päivittäisen työmaajohtamisen tueksi. Esimerkiksi missä tilanteissa ja millä tavalla sovellusta voidaan käyttää havainnollistamaan asioita. Näiden pohdittavien asioiden perusteella ryhmät voivat keksiä parannusehdotuksia mobiiliratkaisujen toimintoihin. Harjoituksen jälkimmäistä osiota varten ryhmät koostavat esitykset.

Toinen puolituntinen koostuu ryhmien kokoamien esitysten esittelystä edellä pohdituista asioista. Tässä oleellista on tiedon jakaminen oman ryhmän ulkopuolelle muille harjoituksessa mukana oleville. Keskeisessä roolissa harjoitustehtävässä ovat oppiminen *ryhmätyöskentelyn, kommunikoinnin ja tiedon jakamisen sekä esittämisen kautta*. Edellä luetellut asiat perustuvat vahvasti haastatteluaineiston analysoinnissa esiin nousseisiin keskeisiin teemoihin tietomallipohjaiseen opetukseen liittyen.

8. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Diplomityötutkimuksen yhtenä tavoitteena oli selvittää kansainvälisen kirjallisuusselvityksen ja haastatteluiden kautta tietomallipohjaista rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan opetusta. Tämän lisäksi oli tarkoitus kartoittaa tietomallipohjaisten mobiiliratkaisujen nykytilaa päivittäisessä työmaajohtamisessa yritysysteistyön ja samalla haastatteluiden avulla. Näiden kautta primääreimpänä tavoitteena oli ymmärtää tietomalliperustaista rakennusprojektien hallintaa yleisesti sekä mobiileiden tietomallipohjaisten sovelusten roolia osana tätä kokonaisuutta ja päivittäistä työmaajohtamista. Sivutavoitteena edellä mainittujen perusteella oli luoda harjoitustehtävä kurssille rakennustuotannon ohjaus liittyen päivittäisen työmaajohtamisen tietomalleihin perustuviin mobiiliratkaisuihin. Tässä luvussa käydään tiivistetysti lävitse tutkimustyön tuloksia ja tarkastellaan, kuinka tutkimus onnistui vastaamaan sille asetettuihin tavoitteisiin. Lisäksi arvioidaan tutkimuksen toteutusta ja luotettavuutta. Lopussa esitellään jatkotutkimusaiheita tutkimusprosessin pohjalta.

8.1 Johtopäätökset

Tutkimuksen tulosten pohjalta voidaan selkeästi todeta tietomallipohjaisten rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan olevan pääasiassa ihmisten ja prosessien hallintaa ja johtamista, jota pyritään tukemaan ja edesauttamaan teknologian avulla. Tässä tapauksessa teknologiana toimii tietomallintaminen. Rakennusprojektin hallinta alkaa jo heti hankesuunnitteluvaiheesta, jossa tilaajan rooli korostuu määrittäessä hankkeen yhteisiä toimintatapoja ja raameja tietomallien tietosisällölle eri vaiheissa projektia. Rakennushanke sisältää enenevissä määrin toimijoita ja eri osapuolia. Tämä korostaa yhteistyön, vuorovaikutuksen, läpinäkyvyyden ja yhteisten toimintatapojen merkitystä. Tähän tietomallintaminen tarjoaa selkeän yhteisen toimintatavan, jota kaikkien osapuolten tulisi noudattaa. Huomioitavaa on, että yksistään teknologia ei ratkaise mitään, vaan se toimii tukena ja apuvälineenä yhteisten tavoitteiden edesauttamiseksi.

Päivittäinen työmaajohtaminen on yksi osa suurempaa kokonaisuutta, mutta merkittävä resurssi rakennusvaiheessa hankkeen onnistumisen kannalta. Hyvin samat asiat korostuvat tässä, kuin rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnassa. Ihmiset, prosessit sekä näitä tukevat teknologiat ovat avainasemassa, mutta vain pienemmässä mittakaavassa. Keskeistä on ihmisten johtaminen, ohjeistaminen ja valvonta. Lisäksi prosesseja tulee suunnitella, johtaa ja valvoa. Teknologian osalta oleellista on, kuinka hankkeen kokonaisuuden hallinnan välineeksi valittu ratkaisu tuodaan tukemaan näitä toimintoja. Tähän mobiililaitteet, kuten älypuhelimet ja tabletit tarjoavat erinomaisen ratkaisun. Tietomallipohjaiset mobiilisovellukset tarjoavat visuaalisuutensa ansiosta tukea vuorovaikutukselle on-

gelmatilanteiden ja päätöksenteon ratkaisun tueksi. Kuitenkin tulee ymmärtää, että kyseessä on vain yksittäinen ratkaisu ja muut sovellukset eri päivittäisten toimintojen helpottamiseksi ovat myös tärkeitä.

Korkeakouluissa on havaittu tietomallintamisen kehittyvän merkittäväksi osaksi monien rakennushankkeiden hallintaa. Tämän pohjalta ollaan kehittämässä muun muassa tietomallien hyödyntämisen osaamistavoitteita eri rakennushankkeen osapuolille koulutuksen kehittämiseksi Suomessa. Kansainvälisesti tilanne vaihtelee melko suuresti eri maiden välillä, mutta kokemuksia on jo erilaisten koulutuskehysten luomisesta, tietomalliperustaisten opetusohjelmien kehittämisestä sekä tietomallien integroimisesta osaksi kursseja. Näihin liittyvien ongelmien ja haasteiden selvittäminen auttaa siirtymään seuraavalle tasolle opetuksen kehittämisessä. Rakennusteollisuuden ja oppilaitosten yhteistyön parantaminen sekä eri osastojen, kuten arkkitehtien ja insinööritieteiden opiskelijoiden yhteiset kurssit näyttelevät merkittävää roolia tässä.

Rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnan tietomallipohjaisella korkeakouluopetuksella pyritään kehittämään opiskelijoiden ymmärrystä kokonaisuudesta ja eri osa-alueiden linkittymisestä toisiinsa. Opetuksella pyritään tämän ohella tarjoamaan selkeä kuva tietomallintamisen tarjoamista mahdollisuuksista eri prosessien, kuten aikataulu- ja kustannusten suunnittelun tueksi. Lisäksi oleellista on kehittää vuorovaikutus-, ongelmanratkaisu- sekä ryhmätyöskentelytaitoja, jotka ovat merkittävässä roolissa entistä monimutkaisempien rakennushankkeiden hallinnassa. Eri tasoiset tietomallit toimivat ennen kaikkea visuaalisena apuvälineenä edellä mainittujen asioiden ja taitojen harjaannuttamiseksi.

8.2 Tutkimuksen tavoitteiden toteutuminen ja luotettavuus

Rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan tietomallipohjaisen korkeakouluopetuksen kansainvälinen kirjallisuusselvitys tarjosi hyvin selkeitä yhteneviä ajatuksia, mihin suuntaan opetusta tulisi viedä. Tätä alatavoitetta varten suoritettut teemahaastattelut tukivat suurilta osin keskeisiä kirjallisuudesta esiin nousseita asioita. Näiden pohjalta saatiin varsin kattava käsitys tietomalliperustaisen korkeakouluopetuksen yleistilasta kansainvälisesti. Tutkimuksen tavoitteiden voidaan sanoa tältä osin täyttyneen. Tutkimuksen luotettavuutta tukee teemahaastattelujen perusteella koottujen tutkimustulosten yhdenmukaisuus.

Toisena alatavoitteena oli nykytilanteen kuvaus tietomallipohjaisista mobiiliratkaisuista osana päivittäistä työmaajohtamista. Tutkimuksen lähtökohtana oli kartoittaa tätä pääasiassa yritysyhteistyön avulla suoritettujen teemahaastatteluiden kautta. Yritykset ovat Fira ja Skanska Oy. Haastatteluaineistojen perusteella näiden kyseisten yritysten mobiiliteknologian käytöstä työmailla saatiin suhteellisen selkeä kuvaus. Toisaalta näiden pohjalta ei voida luoda mitään kovin kattavaa kuvaa tietomalleihin perustuvien mobiilisovellusten käytöstä päivittäisessä työmaajohtamisessa johtuen haastattelujen ja yhteistyöyritysten

vähyydestä. Tietomallipohjaisista mobiiliratkaisuista hyödynnettävistä asioista ja ongelmakohdista saatiin kuitenkin varsin yhteneviä ja selkeitä näkemyksiä.

Edellä käsiteltyjen alatavoitteiden voidaan todeta täyttyneen, koska niiden pohjalta pystyi muodostamaan varsin yhtenevän käsityksen tietomalliperustaisen rakennushankkeen kokonaisuuden hallinnan kulmakivistä. Näihin pyritään vastaamaan tietomallipohjaisella korkeakouluopetuksella. Mobiiliteknologian ja etenkin tietomallipohjaisten sovellusten rooli ja merkitys osana kokonaisuutta ja päivittäistä työmaajohtamista hahmottui selkeästi.

Diplomityön sivutavoitteena ollut harjoitustehtävän luominen kurssille rakennustuotannon ohjaus, onnistui suhteellisen helposti ja hyvin aiempien analyysien ja päätelmien pohjalta. Luentoharjoitukseen onnistuttiin integroimaan, niitä keskeisiä asioita, joita etenkin suoritettujen haastattelujen pohjalta ilmeni tietomallipohjaisiin mobiiliratkaisuihin liittyen. Lisäksi huomioitiin tietomalliperustaisen opetuksen suuntaus vuorovaikutus- ja ryhmätyöskentelytaitoja tukevaan suuntaan.

8.3 Jatkotutkimusehdotuksia

Diplomityöprosessin aikana heräsi ajatuksia jatkotutkimustoimenpiteistä. Rakennushankkeen kokonaisuuden hallintaan liittyvä tietomallipohjainen korkeakouluopetus sekä päivittäistä työmaajohtamista tukeva mobiiliteknologia vaativat lisää tutkimuksia.

Tietomalliperustaista opetusta voisi tutkia Suomen tasolla laajemmalla otannalla ja kartoittaa opetushenkilöstön ajatuksia ja näkemyksiä, kuinka tietomallit yhdistetään konkreettisella tasolla opetuksen tueksi osaksi kursseja. Tähän voisi liittää laajempaa tutkimusta rakennusteollisuuden ja ohjelmistovalmistajien osalta nykytilanteen ja mahdollisuuksien kartoittamiseksi.

Päivittäistä työmaajohtamista tukevia mobiilisovelluksia olisi tärkeää kartoittaa laajemmalla otannalla. Mukana tutkimuksessa voisivat olla kaikki suuremman luokan rakennusyritykset ja näistä sitten useita käynnissä olevia eri tyyppisiä kohteita. Esimerkiksi korjausrakentamista koskevia erityistoimintoja olisi mielenkiintoista verrata perinteisiin uudiskohteisiin ja näiden perusteella luoda käsitys mahdollisesti uusista tarpeellisista työjohtoa ja työntekijöitä tukevista ja helpottavista sovelluksista.

LÄHTEET

Badrinath, A.C., Chang, Y.-T. & Hsieh, S.-H. (2016). A review of tertiary BIM education for advanced engineering communication with visualization. *Visualization in Engineering*. Vol. 4:9.

Barison, M.B. & Santos, E.T. (2013). Educational Activities for the Teaching-Learning of BIM. University of São Paulo, verkkolähde. Saatavissa: http://www.uel.br/pessoal/barison/Artigos_Tese/bic2013.pdf (viitattu 15.11.2017)

Clevenger, C.M., Ozbek, M.E., Glick, S. & Porter, D. (2010). Integrating BIM into Construction Management Education. Colorado State University, verkkolähde. Saatavilla: http://www.mychhs.colostate.edu/caroline.m.clevenger/documents/Bim-Curriculum_FINAL.pdf (viitattu 15.11.2017)

COBIM (2012a). RT 10-11076 Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen, Rakennustieto Oy.

COBIM (2012b). RT 10-11078 Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa, Rakennustieto Oy.

Eskola, J. & Suoranta, J. (2005). Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Vastapaino, 7. uudistettu painos, Tampere.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2011). Tutkimushaastattelu – Teemahaastattelun teoria ja käytäntö, Gaudeamus Helsinki University Press, Helsinki.

Junnonen, J.-M. & Kankainen, J. (2015). Rakennuttaminen. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Jäväjä, P. & Lehtoviita, T. (2016). Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Kiviniemi, A. (2012). University of Salford & Open BIM Learning Xchange. SlideShare, verkkolähde. Saatavissa: <https://www.slideshare.net/SoBEVPSeries/bim-at-salford-professor-arto-kiviniemi> (viitattu 13.9.2017)

Korvenpää, T. (2017). Työmaan viikkotason tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus työmaasovellusta hyödyntäen. Diplomityö. Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto.

Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. (2011). Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Talonrakennusteollisuus ry. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Lee, N., Dossick, C.S. & Foley, S.P. (2013). Guideline for Building Information Modeling in Construction Engineering and Management Education. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*. Vol. 139 (4), pp. 266-274.

Lehtoviita, T. (2017). Mitä on tarvittava tietomalliosaaminen rakennusalalla? buildingSMART Finland, verkkolähde. Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/mita-on-tarvittava-tietomalliosaaminen-rakennusalalla/> (viitattu 16.8.2017)

Leite, F. (2016). Project-Based Learning in a Building Information Modeling for Construction Management Course. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. Vol. 21, pp. 164-176.

Panuwatwanich, K., Wong, M.L., Doh, J.-H., Stewart, R.A., McCarthy, T.J. (2013). Integrating Building Information Modelling (BIM) into Engineering Education: An Exploratory Study of Industry Perceptions using Social Network Data. AAEE2013: Australasian Association for Engineering Education Conference. Pp. 1-9.

Project Management Institute (2013). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK-guide), 5. painos., Project Management Institute, Inc, 589 p.

Puolitaival, T. & Forsythe, P. (2016). Practical challenges of BIM education. *Structural Survey*. Vol. 34, No. 4/5, pp. 351-366.

Puolitaival, T., Kestle, L., Davies, K. & Forsythe, P. (2015). Assessment in Virtual Design and Construction Education. COBRA-AUBEA. Vol. 244, pp. 65-74.

Rokooei, S. (2015). Building Information Modeling in Project Management: Necessities, Challenges and Outcomes. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. Vol. 210, pp. 87-95.

Rooney, K. (2017). BIM Education – Global – 2017 Update Report. NATSPEC// Construction Information, verkkolähde. Saatavissa: https://bim.natspec.org/images/NATSPEC_Documents/BIM_Education_Global_2017_Update_Report_V4.0.pdf (viitattu 17.8.2017)

Salmisto, A., Keinänen, M. & Kähkönen, K. (2016). Development of students' multidisciplinary collaboration skills by simulation of the design process. WBC16. Vol 1, pp. 348-360.

Shelbourn, M., Macdonald, J. & Mills, J. (2016). An International Framework for Collaborative BIM Education. RICS COBRA 2016, verkkolähde. Saatavilla: <http://www.rics.org/Global/An%20International%20Framework%20for%20Collaborative%20BIM%20Education.pdf> (viitattu 18.8.2017)

Suwal, S., Jäväjä, P. & Salin, J. (2014). BIM Education: Implementing and Reviewing ”OpeBIM” – BIM for teachers. Computing in Civil and Building Engineering.

The Higher Education Academy. (2013). Embedding Building Information Modelling (BIM) within the taught curriculum. BIM Academic Forum, verkkolähde. Saatavissa: <https://www.heacademy.ac.uk/knowledge-hub/embedding-building-information-modelling-bim-within-taught-curriculum> (viitattu 15.11.2017)

Wang, G., Liu, H. & Zhang, S. (2014). Research on a framework for a BIM-based construction engineering and project management education platform. World Transactions on Engineering and Technology Education. Vol. 12, No. 1.

LIITE A: HAASTATTELUIDEN SAATEKIRJE

Riku-Jussi Mäkinen
0504667747
makine78@student.tut.fi

HAASTATTELUIDEN SAATEKIRJE 1/2

19.8.2017

Diplomityö: Tietomallit rakennustuotannon opetustoimessa

Tervehdys!

Olen Lempäälässä asusteleva 30-vuotias diplomityöntekijä. Opiskelen Tampereen teknillisessä yliopistossa rakennustekniikkaa pääaineenani rakennustuotanto. Tekeillä olevan diplomityöni tilaajana toimii juuri TTY:n rakennustekniikan laitos. Diplomityöni otsikkona on *Tietomallit rakennustuotannon opetustoimessa*. Tutkimuksen olen aloittanut kesäkuun alussa.

Tutkimuksen taustaa

Työn tarkoituksena on perehtyä tietomallipohjaiseen korkeakouluopetukseen, kun kyseessä on nimenomaan valmiiden tietomallien hyödyntäminen liittyen rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaan, kuten esimerkiksi johtamiseen, aikataulusuunnitteluun sekä kustannuslaskentaan. Lisäksi työssä on tarkoitus luoda nykytilanteen kuvaus päivittäisen työmaajohtamisen mobiileista BIM-ratkaisuista. Edellä mainittujen asioiden pohjalta on tarkoitus päivittää TTY:n *rakennustuotannon ohjaus* kurssin oppimissisältöä.

Tampereen teknillinen yliopisto haluaa tällä tutkimuksella selvittää mikä on tämän hetkinen tilanne tietomallipohjaisella korkeakouluopetuksella rakennustuotannon opetustoimessa. Ennen kaikkea tilaaja on kiinnostunut metodeista ja käytännöistä, kuinka valmiit tietomallit yhdistetään rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnan opetukseen. Työn ohjaajana toimii professori Kalle Kähkönen.

Haastattelujen toteutuksesta

Diplomityön tietomallipohjaisen korkeakouluopetuksen kansainvälisen kirjallisuusselvityksen lisäksi suoritetaan haastattelututkimus, jonka tarkoituksena on täydentää ja antaa konkreettisempaa käytännönläheistä tietoa rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnan opetuksesta. Haastattelemalla opetuksessa toimivia alan asiantuntijoita haetaan aiheeseen liittyviä uusia ja ajankohtaisia näkökulmia kirjallisuudesta löytyvän tiedon lisäksi.

Haastattelijana toimii saatekirjeen lähettäjä. Toteutustapana on yksilöhaastattelu ja haastattelumuotona teemahaastattelu. Kyseessä on puolistrukturoitu muoto, jossa haastattelurunko on jaettu teema-alueiksi kaikille haastateltaville samoiksi. Tässä tapauksessa myös kysymykset pyritään pitämään kaikille samoina. Ainoastaan kysymysten esitysmuoto voi vaihdella haastateltavasta riippuen.

Riku-Jussi Mäkinen
0504667747
makine78@student.tut.fi

HAASTATTELUIDEN SAATEKIRJE 2/2

19.8.2017

Haastattelut etenevät haastattelijan teema-alueittain jakaman haastattelurungon mukaisesti. Kysymysrunko on tarkoitettu ensisijaisesti vain haastattelijalle, mutta se lähetetään myös haastateltaville ennen varsinaista haastattelua. Kysymyksiin ennalta tutustuminen parantaa haastattelun tuloksia.

Haastattelun pääteemana toimii tietomallipohjainen korkeakouluopetus koskien rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaa. Haastatteluissa noudatetaan seuraavanlaista teemarunkoa:

- Henkilökuva
- Rakennusprojektin kokonaisuuden hallinta
- Valmiiden tietomallien hyödyntäminen
- Tietomallipohjainen rakennustuotannon opetus
- Tulevaisuuden näkymät

Edellä mainittujen pohjalta pyritään muodostamaan eri henkilöiden kautta mahdollisimman kattava kokonaiskuva tämän hetken tietomallipohjaisen opetuksen käytännöistä sekä mahdollisista uusista ideoista. Eritoten tavoitteena on saada käsitys siitä, kuinka valmiita tietomalleja hyödynnetään rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnan opetuksessa.

Haastattelut nauhoitetaan äänitallenteiksi, mikäli se sopii haastateltavalle. Tämä nopeuttaa ja sujuvoittaa haastattelua, koska muistiinpanojen tekemiseltä vältytään. Nauhoitteita käytetään ainoastaan diplomityön tekemisessä. Haastattelutilanteen jälkeen äänitallenne kirjoitetaan puhtaaksi haastattelumuistioksi, joka hyväksytetään haastateltavalla. Haastateltavat pidetään anonyymeina koko tutkimuksen ajan, mikäli he näin toivovat.

Haastattelut on suunniteltu suoritettavaksi kertaluontoisena elo- ja syyskuun 2017 aikana. Haastattelun kesto tulee olemaan arviolta noin kaksi tuntia.

Tutkimustulokset

Haastatteluiden pohjalta saatavat tutkimustulokset tulevat kaikkien haastateltavien käyttöön. Haastattelututkimuksesta saatava kokonaiskuva BIM-opetuksen käytännöistä ja mahdollisista uusista ideoista tulee siis kaikkien hyödynnettäväksi omien kurssien ja opetuksen kehittämiseen.

Riku-Jussi Mäkinen
Riku-Jussi Mäkinen

LIITE B: HAASTATTELURUNKO

Riku-Jussi Mäkinen
0504667747
makine78@student.tut.fi

HAASTATTELURUNKO
6.9.2017

Diplomityö: Tietomallit rakennustuotannon opetustoimessa

Henkilökuva:

- Mikä on toimenkuvasi korkeakouluopettajana?
- Mikä on taustasi ennen opettamiseen siirtymistä?
- Miten työtaustasi näkyy opetuksessa?

Rakennusprojektin kokonaisuuden hallinta:

- Mainitse mielestäsi kolme tärkeintä osa-aluetta rakennusprojektin kokonaisuuden hallintaan liittyen nykypäivän rakentamisessa?
- Mitä näiden osakokonaisuuksien hallitseminen vaatii?
- Mitkä näet tärkeimmiksi työkaluiksi/ apuvälineiksi, jotta tehtävästä on mahdollisuus suoriutua?
- Näetkö, että olisi tarvetta jollekin uudelle digitalisaation tarjoamalle työkalulle projektin hallinnan helpottamiseksi?

Valmiiden tietomallien hyödyntäminen:

- Millaisena näet valmiiden tietomallien roolin rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnassa?
- Miten valmiita tietomalleja pystytään hyödyntämään rakennusprojektin hallinnassa kokonaisuutta ajatellen?
- Mitä apuvälineitä tämä vaatii?
- Mitä pohjatietoja käyttäjiltä vaaditaan, jotta tietomalleja pystytään hyödyntämään?

Tietomallipohjainen rakennustuotannon opetus:

- Miten tietomallipohjainen opetus yhdistetään rakennusprojektin kokonaisuuden hallinnan opetukseen?
- Mitä pohjatietoja tämä vaatii opiskelijoilta?
- Miksi valmiit tietomallit on otettu opetuksen tueksi?
- Missä kursseissa valmiita tietomalleja hyödynnetään?
- Miten valmiita tietomalleja hyödynnetään kyseisten kurssien kohdalla?
- Ollaanko jonkun kurssin kohdalla onnistuttu erityisen hyvin ja miksi näin on?
- Miten tämä on näkynyt opetuksessa käytännössä?
- Mitä ongelmia ja haasteita opetuksessa on havaittu?

Tulevaisuuden näkymät:

- Miten näet tietomallipohjaisen rakennustuotannon opetuksen tulevaisuudessa kehittyvän?
- Millaisena näet digitalisaation roolin kehityksessä?
- Vaativatko kehityksen aiheuttamat muutokset muutoksia itse opetusmetodeihin?

LIITE C: ENGLANNINKIELINEN HAASTATTELURUNKO

Riku-Jussi Mäkinen
0504667747
makine78@student.tut.fi

THEME INTERVIEW FRAME

6.9.2017

Thesis: BIM models in construction management education

Profile:

- What is your job description as a university teacher?
- What is your background before transition to teaching?
- How does that background affect to your teaching?

Management of the construction project:

- What do you think are the three most important parts in construction project management in modern-day construction?
- What does it take to control all these parts?
- What are the most important tools or equipment you need to succeed in those tasks?
- Do you see that there is need for a new tool or equipment offered by digitalization to ease project management?

Utilization of BIM models:

- How do you see the role of BIM models in construction project management?
- How can BIM models be utilized in construction project management?
- What kind of tools or equipment that demands?
- What background information the users need to take advantage of BIM models?

BIM-based construction management education:

- How should BIM-based education be combined to construction project management education?
- What background information is required for the students?
- Why are the BIM models taken to support education?
- In what courses the BIM models are used to support education?
- How are the BIM models utilized in those courses?
- Have you succeeded especially well in some particular course and why is that?
- How is this occurred in education in practice?
- What kind of challenges and problems you have faced in education?

Future prospects:

- How is the BIM-based construction management education developing in the future?
- How do you see the role of digitalization in the development?
- Will the teaching methods change because of the development?

LIITE D: HAASTATTELURUNKO: MOBIILIT BIM-RATKAISUT

Riku-Jussi Mäkinen
0504667747
makine78@student.tut.fi

HAASTATTELURUNKO
20.10.2017

Diplomityö: Tietomallit rakennustuotannon opetustoimessa
Päivittäisen työmaajohtamisen mobiilit BIM-ratkaisut:

Henkilökuva:

- Mikä on toimenkuvasi yrityksessä?
- Mikä on taustasi ennen siirtymistä nykyiseen toimenkuvaan?

Päivittäinen työmaajohtaminen ja tietotekniikka

- Mitä päivittäinen työmaajohtaminen pitää sisällään?
- Mikä rooli päivittäisellä työmaajohtamisella on rakennushankkeen onnistumisen kannalta?
- Mikä on tietotekniikan rooli päivittäisessä työmaajohtamisessa ja kuinka suuressa osassa mobiililaitteet ovat tässä?
- Mitä vaatimuksia mobiililaitteiden sujuva käyttö asettaa työmaan tietotekniikalle ja yhteyksille?

Työmaajohtamisen tietomallipohjaiset mobiilit ratkaisut:

- Mikä on tietomallien rooli päivittäisessä työmaajohtamisessa?
- Mitä asioita tietomalleista pystytään hyödyntämään päivittäisessä työmaajohtamisessa?
- Mitä mobiilisovelluksia tietomallien hyödyntämiseen on tarjolla tällä hetkellä?
- Mitä tietomallipohjaisia mobiilisovelluksia on käytössä ja miksi juuri kyseiset ohjelmat on valittu työmaajohtamisen tueksi?
- Mitä asioita käytössä olevista ohjelmista hyödynnetään?
- Mitä vaatimuksia ohjelman hyödyntäminen asettaa tietomallille ja sen sisällölle?

Muut työmaajohtamisen mobiilit ratkaisut:

- Mitä muita mobiilisovelluksia on käytössä päivittäisen työmaajohtamisen tukena?
- Onko näitä käytössä olevia ohjelmia mahdollisuus linkittää tietomalleihin?
- Mitä asioita kyseisistä ohjelmista hyödynnetään päivittäisessä työmaajohtamisessa?
- Mihin muuhun tablettia tai älypuhelinia käytetään työmaalla edellä mainittujen sovellusten lisäksi?

Kehityskohteet ja tulevaisuuden näkymät:

- Mitä selkeitä parannuksia kaipaisit käytössä oleviin mobiilisovelluksiin?
- Onko aikataulun suunnitteluun ja seurantaan työkaluja?
- Onko jokin olemassa oleva sovellus, jonka käyttöönotto helpottaisi tekemistä?
- Millaisena näet virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden roolin tulevaisuudessa mobiililaitteissa?

LIITE E: TOIMINTAOHJE HARJOITUSTEHTÄVÄLLE

Harjoitustehtävä osana kokonaisuutta:

Harjoitustehtävän aiheena on *päivittäisen työmaaajohtamisen tietomallipohjaiset mobiiliratkaisut*. Tyypiltään se on *luentoharjoitus*. Tämä tulisi sijoittaa samaan aihepiiriin liittyvän neljän tunnin luentokerran yhteyteen. Tässä aiheena voisi olla esimerkiksi tietomallintamisen hyödyntäminen työmaalla. Oleellista on oppimiskokonaisuuden sijoittaminen luentojen loppuun, jolloin se syventää ja tukee jo edellä opittuja asioita.

Harjoitustehtävän yleiskuvaus:

Tarkoituksena tässä harjoitustehtävässä on testata *kolmea* eri tietomallipohjaista mobiilisovellusta opiskelijoiden toimesta. Sovellusvalikoimaa voidaan päivittää seuraavia luentokertoja varten vastaamaan esimerkiksi sen hetken suosituimpia tai käytetyimpiä mobiiliratkaisuja. Opiskelijat tarkastelevat yhtä sovellusta per yksi ryhmä. Ei haittaa, vaikka samaa sovellusta tarkastelee useampi eri ryhmä. Luentoharjoituksessa on lisäksi tarkoitus esitellä ryhmien toimesta sovelluksesta havaitsemiansa asioita toisille ryhmille harjoituksen lopuksi.

Harjoitustehtävän suoritus ja siinä huomioitavat asiat:

Kestoltaan harjoitustehtävä on *yhden tunnin mittainen*. Se jakaantuu *kahteen osioon*, jotka ovat kestoltaan *30 minuuttia*.

Ensimmäisen osion aluksi kurssin opiskelijat on tarkoitus jakaa riippuen osallistujamäärästä 3-6 ryhmään. Yhdessä ryhmässä tulisi olla vähintään 3-4 henkilöä. Yksi ryhmästä toimii kirjurina. Tarkoituksena on kirjata asiat Powerpoint-esitykseksi, jonka tulisi olla kestoltaan n. 5 minuuttia. Muut ryhmäläiset lataavat älypuhelimiansa tai mahdollisesti tabletteihin yhden tietomallipohjaisen mobiilisovelluksen. Tarkoituksena olisi, että nämä opiskelijat tarkastelevat siihen perustuen seuraavia asioita:

- sovelluksen käytettävyys (esim. helppokäyttöisyys työmaaolosuhteissa) ja kuinka sitä voitaisiin parantaa
- käyttökohteita ja –mahdollisuuksia päivittäisessä työmaaajohtamisessa ja kuinka tukee eri toimintoja työmaalla (esim. visuaalisuus ja tietomallin tietosisällön esiin tuonti)
- sovelluksen käytettävyyden ja toimintojen kehittäminen havaittujen asioiden pohjalta

Edellä mainitut kolme keskeistä tutkittavaa asiaa toimivat runkona Powerpoint-esityksen luomisessa. Keskeisessä roolissa ovat ryhmäläisten kommunikaatio ja ryhmätyöskentely

taidot, jotta hyvinkin rajallisessa ajassa saadaan edellä mainitut asiat koostettua n. 5 minuutin esitykseksi. Puolen tunnin mittaisen jakson ajallisen käytön voisikin miettiä kolmen tutkittavan asian pohjalta kolmeksi 10 minuutin osioksi.

Toisen osion aikana opiskelijat esittelevät ryhmäkohtaisesti aikaansaannoksiaan. Tärkeää on kiinnittää huomiota esitysten pituuteen riippuen tietysti niiden lukumäärästä. Kuusi esitystä on ehdoton yläraja, jotta aikaa jää vähintään 5 minuuttia yhtä ryhmää kohden. Tämä tulee huomioida jo ryhmiä muodostettaessa, kuten ensimmäisen osion kohdalla mainitaan. Oleellista tässä harjoitustehtävän jälkimmäisellä puoliskolla on tiedon jakaminen muille ryhmille kokonaiskuvan saavuttamiseksi. Mikäli aikaa jää, se on mahdollista hyödyntää esimerkiksi keskustelun muodossa yhteenvetoon kolmesta testatusta tietomallipohjaisesta mobiilisovelluksesta.

Muuta huomioitavaa harjoitustehtävän suorittamisessa:

Luentoharjoitus edellyttää muutamaa kappaletta tietokoneita Powerpoint-esityksien luomista varten. Yleensä osalla opiskelijoista on mukanaan kannettavat tietokoneet. Tästä asiasta voi myös informoida opiskelijoita edellisen luentokerran yhteydessä. Ryhmät ja niissä toimivat kirjurit on mahdollista jakaa tältä pohjalta.

Toinen vaihtoehto on pitääluentoharjoitus tietokoneluokassa. Toisaalta ryhmätöiden kannalta parempi vaihtoehto olisi luentotila, joka tukee paremmin ryhmätyöskentelyä. Tämä asia tulee harjoitustehtävän pitäjän ratkaista. Mahdollista on kokeilla kumpaakin vaihtoehtoa kurssin eri suorituskerroilla ja tehdä tämän pohjalta päätös jatkotoimenpiteiden suhteen.